

PRATIQUE DE L'ETALONNAGE DES STATIONS
DE JAUGEAGES DANS LES TERRITOIRES D'OUTRE-MER

, Il a semblé utile de condenser dans cette note tout ce qui paraît nécessaire à l'étalonnage des stations de jaugeages et qui ne figure pas dans les livres. Pour être brefs, nous avons laissé de côté :

- 1°) la théorie du moulinet et de son emploi,
- 2°) les formules utilisées pour les déversoirs que l'on trouve partout,
- 3°) les jaugeages par voie chimique et les jaugeages par moulinet suspendu à un câble. Ces deux méthodes de jaugeages sont peu employées. Nous effectuons actuellement des essais et nous ne pourrions préciser leur utilisation, dans les territoires d'Outre-Mer, que dans un délai plus ou moins long.

DEFINITIONS.-

On observe le régime d'un cours d'eau à une station donnée en relevant de façon continue la cote de l'eau à cette station. On obtient ainsi la courbe des variations annuelles de hauteurs d'eau.

Etalonner une station, c'est rechercher la relation entre les cotes de l'eau à cette station et les débits au moyen de mesures de débits ou jaugeages, afin de transformer la courbe des hauteurs d'eau en courbe des débits.

- Cette relation se traduit par une courbe : courbe d'étalonnage, et est fonction des conditions hydrauliques de l'écoulement dans la section et dans la section à l'aval. Elle dépend du profil en travers, de la pente superficielle, du tracé de la rivière, de la rugosité des berges et du lit et, également, d'obstacles éventuels.

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° : 33302, ex 1

Cote : B

On conçoit que, si toutes ces conditions restent les mêmes dans le temps, à chaque valeur de la hauteur d'eau à la station correspondra une seule valeur de débit, toujours la même, et il n'y aura qu'une courbe d'étalonnage.

En toute rigueur, cette condition n'est presque jamais réalisée.

En effet, le lit se modifie plus ou moins. Le tracé, le profil en travers, le profil en long du fond du lit varient soit brusquement à la suite d'une crue, soit peu à peu par suite de phénomène d'érosion lente. Par ailleurs, on conçoit que pour un même débit, la pente superficielle n'est pas la même à la crue qu'à la décrue.

Cependant, en pratique, pour la presque totalité des fleuves tropicaux:

- 1°) les courbes hauteurs-débits, sont très voisines à la crue et à la décrue,
- 2°) les conditions d'écoulement restent constantes pour les moyens et gros débits, les variations du lit ne sont sensibles que pour les faibles débits.

On établira donc une courbe d'étalonnage moyenne, unique, en effectuant les jaugeages indifféremment à la montée et à la descente et on mettra à jour, périodiquement, la partie inférieure de la courbe (faibles débits).

Dans le cas contraire où le lit varie fortement, on doit procéder à un étalonnage à peu près complet après chaque crue, en principe. On dispose donc pour une même station, d'une série de courbes d'étalonnages, chacune étant applicable pour une période bien déterminée entre deux crues.

Par ailleurs, on peut être amené à établir deux courbes valables l'une à la crue et l'autre à la décrue.

MISE AU POINT DE LA COURBE D'ETALONNAGE.-

La courbe d'étalonnage est établie point par point, au moyen d'une série de mesures de débits ou jaugeages.

Ces jaugeages doivent être effectués pour des débits de valeurs telles que l'on puisse tracer la courbe sans extrapolation pour les hauteurs d'eau correspondant à l'étiage et en crue pendant l'année moyenne.

.../

Les jaugeages de basses eaux sont faciles : il n'y a pas de difficultés techniques par suite des faibles débits et, en outre, étant donné la longueur de la période d'étiage, il est facile à l'hydrologue de trouver le temps de faire ce jaugeage. Par ailleurs, à cette époque, les déplacements sont faciles.

La connaissance des débits d'étiage est très importante. Il faut essayer, dès la première année d'observation de l'échelle, de jauger le débit minimum annuel.

Pour les cours d'eau non permanents, il suffit de noter la hauteur d'eau au moment où l'écoulement apparent devient nul (zéro théorique de l'échelle). Généralement, l'échelle est placée dans une fosse, de sorte que la hauteur observée peut baisser au dessous de la cote correspondant à l'écoulement apparent nul.

Il subsiste alors un écoulement de nappe dans les alluvions ou même dans les fissures du rocher si le lit est rocheux. Il peut être intéressant de noter le moment où cet écoulement souterrain s'annule.

On aura intérêt à effectuer les jaugeages de basses eaux sur un seul rocheux de façon à ce que le débit apparent mesuré soit le plus proche possible du débit réel.

Pour les cours d'eau à régime tropical pur, les débits d'étiage sont très faibles par rapport aux débits de crue; on observe un filet d'eau au milieu d'un lit sablonneux de plusieurs centaines de mètres de largeur. Dans ce cas, le débit souterrain est loin d'être négligeable par rapport au débit apparent. Il serait tout à fait inutile de jauger avec beaucoup de précision les débits d'étiage minima. On fera donc ces jaugeages aux flotteurs; d'ailleurs, la faible épaisseur de la lame d'eau interdira souvent l'emploi du moulinet.

Il ne faut pas oublier de faire un jaugeage d'étiage par an de façon à pouvoir modifier la partie basse de la courbe d'étalonnage s'il y a lieu; à cette occasion, on effectuera un relevé topographique du profil en travers du cours d'eau.

Les jaugeages de moyens débits sont également faciles et il est possible de les réaliser sur toutes les stations du réseau, la forme de la courbe de tarissement donnant une certaine latitude pour l'établissement du programme de tournée de l'hydrologue.

La partie haute de la courbe d'étalonnage correspondant aux débits de hautes eaux, est établie beaucoup moins rapidement que la partie basse et la partie moyenne. En effet les jaugeages de hautes eaux posent des problèmes techniques souvent difficiles. Les mesures de débits doivent être effectuées au moment où les communications sont assez difficiles. Enfin, la pointe de la crue elle-même dure assez peu de temps.

On peut concevoir qu'un hydrologue puisse, en une seule année, effectuer un débit d'étiage pour toutes ses échelles, alors qu'il ne peut effectuer un jaugeage de crue que pour un nombre très limité de stations.

La solution consiste à s'installer, en hautes eaux, dans un centre d'où l'hydrologue puisse joindre plusieurs stations de jaugeages, il y travaillera pendant toute la montée des eaux jusqu'au maximum et rejoindra ensuite un second centre où il pourra travailler à la descente. Lorsque les difficultés sont très grandes, il peut arriver qu'un hydrologue passe toute la saison des pluies pour n'étalonner qu'une seule station de jaugeages.

Il y a donc intérêt à préparer minutieusement ces jaugeages de hautes eaux pour chaque emplacement bien avant la saison des pluies.

L'hydrologue a intérêt à jauger de fortes crues telles que les crues décennales par exemple. Cela exige un service d'annonces organisé et des dépôts de matériel lui permettant de rejoindre la station principale par avion, en évitant des déplacements par route de plusieurs centaines de kilomètres qui seraient impossibles du fait même de l'importance des crues. On ne peut guère envisager de tels jaugeages que lorsque le réseau des stations est à peu près étalonné. Il y a également intérêt à jauger les très faibles étiages, ce qui exige aussi un service d'annonces rudimentaire.

La mise au point d'une courbe d'étalonnage complète demande généralement plusieurs années. On a donc intérêt à établir le plus tôt possible les courbes d'étalonnages provisoires qui sont tracées avec trois points absolument sûrs. Il faut veiller à ce que le plus fort débit mesuré ne soit pas trop faible par rapport à la crue annuelle.

L'étalonnage d'un réseau de stations peut s'effectuer de la façon suivante :

.../

L'hydrologue effectue, en principe, un jaugeage à chaque tournée de contrôle. A la saison des pluies, il organise une ou deux campagnes de jaugeages dans une partie très limitée de son secteur.

La tactique à employer est évidemment très différente pour les régions des Antilles ou de l'Ile de la Réunion où le problème des distances ne se pose pas. Mais, par contre, on rencontre deux problèmes techniques très difficiles à résoudre :

- 1°) Le manque de stations de jaugeages à écoulement régulier,
- 2°) l'importance des transports solides.

Ces deux problèmes imposent des jaugeages, soit par déversoir, soit par la méthode chimique. Or, ces rivières ont des transports solides importants. Il est difficile d'installer des déversoirs qui ne seraient pas détruits au moment des crues. Il semble que pour les faibles débits la méthode chimique, emploi du bichromate de préférence avec méthode colorimétrique soit plus indiquée.

Pour les hautes eaux, dans ces territoires, les principales difficultés sont relatives, d'une part, à la violence des cyclones qui les provoquent et, d'autre part, à la brièveté de la crue.

Il est indispensable que l'hydrologue ménage une piste d'accès aux stations qu'il doit étudier en crue. Il faut qu'il puisse s'y rendre avec le minimum de temps et le minimum de risques en cas de cyclone. Il faut également que les stations soient parfaitement préparées pour des jaugeages de crues, qui ne pourront guère être effectués qu'aux flotteurs. En effet, dans le cas le plus général, les moulinets seraient détruits par des transports solides de toute nature. On devra relever soigneusement le profil en travers et le profil en long avant et après la crue.

Pour ces territoires, les profils en travers varient beaucoup. Il sera généralement indispensable de refaire la courbe d'étalonnage tous les ans. Seule la partie haute de la courbe restera à peu près sans changement.

Il est avantageux, pour établir une courbe d'étalonnage, d'utiliser plusieurs méthodes et même plusieurs expérimentateurs.

.../

METHODES PRATIQUES de JAUGEAGES.-

Les méthodes à employer varient suivant :

- la nature des cours d'eau,
- le débit à mesurer,
- le matériel dont on dispose,
- l'habileté de l'opérateur.

Un hydrologue doit pouvoir, dans presque toutes les circonstances, effectuer une mesure de débit, quel que soit le matériel en sa possession. On peut citer le cas le plus simple où l'hydrologue ne dispose que d'un chronomètre et où il lui est impossible de diriger convenablement une embarcation sur le fleuve par suite de la violence du courant : il aura toujours la possibilité de laisser dériver une pirogue que l'on fera remonter contre la rive. Dans le cas de petits torrents, il pourra toujours utiliser comme flotteurs, de grosses branches d'arbres qui seront visibles entre deux repères.

Le manque de matériel hydrométrique et les conditions particulièrement difficiles ne doivent donc jamais empêcher un hydrologue de donner des résultats.

Les méthodes de jaugeages sont les suivantes :

a) Emploi des capacités graduées :

C'est un moyen absolument sûr. Il peut être utilisé pour les très petits bassins versants expérimentaux.

b) Déversoirs :

On aura intérêt à les contrôler par la méthode des capacités graduées pour les très faibles débits. Le déversoir doit être prévu de façon que le radier et les bajoyers soient fixes. Le déversoir lui-même peut être avantageusement constitué par des parties mobiles. C'est le seul moyen d'éviter la destruction de l'ouvrage à chaque crue : Par ailleurs, il faut prévoir une station de jaugeages normale; permettant d'effectuer des mesures de débits lorsque le déversoir est inutilisable en forte crue. Il est bien entendu qu'en cas de déversoir mobile, l'échelle doit être placée suffisamment à l'amont ou à l'aval de façon à ne pas être influencée par l'installation du déversoir.

Les jaugeages au déversoir seront assez fréquemment utilisés dans le cas des bassins versants expérimentaux.

JAUGEAGES aux FLOTTEURS.-

Il ne faut pas considérer ce mode de jaugeage comme

un moyen primitif à n'employer que dans des circonstances désespérées. C'est, au contraire, un moyen très sûr, qui peut donner une précision suffisante dans de nombreux cas à la condition express d'être effectué de façon méthodique. La condition nécessaire est un écoulement régulier avec des filets bien parallèles. Il faut donc une section rectiligne, sans obstacle et avec une profondeur suffisante.

Il s'agit de déterminer la vitesse superficielle moyenne.

En période^{de} crue, on considèrera pour cela, d'une part, le bras principal qui fera l'objet d'un jaugeage aux flotteurs, et, d'autre part, les plaines d'inondation pour lesquelles le régime est tout à fait différent. Les mesures du débit passant sur les plaines d'inondation sont généralement plus difficiles. En effet, la vitesse diminue très rapidement entre la superficie et le fond. Il arrive très fréquemment qu'à 20 ou 30m. du fond, toujours dans cette zone d'inondation, la vitesse soit absolument nulle. On aura intérêt, dans ce cas, à avoir une idée des vitesses en profondeur en utilisant des flotteurs plus ou moins noyés. C'est assez précis, car, en général, il s'agit de vitesses faibles (quelques cms).

Il faudra tenir compte de la diminution de sections, créée par la présence des herbes et des arbustes, par un coefficient de réduction qui sera estimé assez grossièrement. Il y aura d'ailleurs lieu, dès la saison sèche, de débarrasser la zone de jaugeages de tous les arbustes et de tous les buissons, de façon qu'il ne reste que des herbes. Si la vitesse du courant était suffisante pour coucher les herbes, on serait alors amené à un cas à peu près normal la vitesse ne diminuant pas beaucoup plus vite que sur un lit normal.

Pour estimer le débit, dans les bras principaux, on déterminera la vitesse superficielle moyenne que l'on multipliera par le rapport $R = \frac{\text{Vitesse moyenne dans la section}}{\text{Vitesse moyenne superficielle}}$. Ce coefficient est fonction du débit. Pour des lits réguliers, à fond de sable, on se reportera au tableau en annexe. Comme flotteurs, on utilisera, dans le cas le plus général, des bouteilles de bière contre le bouchon desquelles on aura coincé un papier permettant de les repérer de loin. Le procédé le plus simple consiste à employer une pirogue qui lâche les flotteurs et une pirogue qui les récupère à l'aval.

vii

Nous avons plus haut que dans les cas graves, on peut utiliser comme flotteurs, une pirogue qu'on laisse partir à la dérive.

Enfin, dans les rivières à courant particulièrement torrentiel, on doit utiliser des branches de grandes dimensions, dont généralement seule une petite partie émergera de l'eau et sera visible.

On mesurera la vitesse de ces flotteurs entre deux sections de base. Ces sections de base seront matérialisées par des balises. La distance entre les sections de base est fonction de la largeur de la rivière, ainsi que des vitesses à mesurer. Pour les très grandes vitesses, on pourrait prendre une base de 50m. de long sur une rivière de 10 à 15m. de large. En terrain très difficile, il faudra établir une piste d'accès allant d'une section de base à l'autre.

On organisera un bon système d'observation à chaque section, l'hydrologue étant placé, en général, sur la section de base aval.

Pour mesurer les distances des flotteurs à la rive, on emploiera plusieurs procédés :

1°) Lorsque l'on a pied sur toute la section, il est facile de mesurer ces distances soit au pas, soit avec un cordage gradué, plus commode que le mètre à ruban qui serait vite mis hors de service.

2°) Il est rare que l'on mesure les distances à partir d'un câble tendu en travers des rives, car, généralement, quand on peut tendre un câble on effectue le jaugeage aux moulinets et non aux flotteurs. Il est possible de mesurer les distances au clysimètre, en mesurant les distances de la pirogue à la rive et en faisant tenir, au besoin une mire dans la pirogue. Mais, par ce procédé, il est difficile de mesurer les distances sur toute la largeur du fleuve. On peut également utiliser le tachéomètre ou le télémètre, qui permettent de viser rapidement, toujours en faisant tenir une mire dans le bateau. On peut, enfin, utiliser les procédés géométriques, soit mesurer une base le long de la rive et mesurer l'angle que fait le rayon visuel en direction de la pirogue avec cette base. Le cercle hydrographique peut être également utilisé,

Ces derniers procédés sont difficiles à employer pour un hydrologue seul. On peut utiliser, dans ce cas, la méthode des deux chronomètres qui a été souvent employée par Mr. BOUCHARDEAU et qui a donné de bons résultats.

On matérialise les deux sections de base, section amont, section aval, qui constituent deux lignes de visée perpendiculaires au fleuve. On matérialise avec des jalons une ligne de visée oblique faisant avec la ligne de visée amont un angle A , tel que la tangente $A = I/10^\circ$ (ou $I/5^\circ$). L'hydrologue se met à l'intersection de la ligne amont et de la ligne de visée oblique et avec deux chronomètres distincts, il repère, d'une part, le temps T_1 entre le passage du flotteur sur la ligne de visée amont et sur la ligne de visée oblique et, d'autre part, le temps T_2 entre le passage du flotteur sur la ligne de visée amont et sur la ligne de visée aval. Si L est la distance entre l'observateur et le

flotteur, à son passage sur la ligne de visée amont on a
$$\frac{TI}{T2} = \frac{L}{100} \text{ d'où : } x \text{ en m.} = \frac{1.000 \times TI}{T2}$$

Si la tangente $A = 1/5^\circ$, on a $x = \frac{500 \times TI}{T2}$

On peut, à la rigueur, n'opérer qu'avec un seul chronomètre, mais c'est beaucoup plus délicat, il faut qu'au moins un des deux signaux soit acoustique.

Il est possible, lorsqu'on veut opérer rapidement et surtout pour les jaugeages de vérification, d'envoyer un flotteur au milieu de la rivière, un au 1/4 et un aux 3/4, et enfin un à une dizaine de mètres de chaque rive. Ce procédé peut être employé lorsque l'écoulement est particulièrement régulier. On ne risque pas de faire de grosses erreurs.

Pour l'estimation de ces distances, quelle que soit la méthode employée, on a intérêt à faire les observations jusqu'au milieu de la rivière à partir de la rive gauche, pour la moitié gauche, puis à partir de la rive droite, pour la moitié droite.

Bien entendu, on doit pouvoir disposer d'un relevé d'un profil en travers, qui est généralement établi à la saison sèche. Il est préférable d'ailleurs quand on le peut, de mesurer les profondeurs à la perche au moment du jaugeage pour tenir compte des variations de sections.

Pour le dépouillement des jaugeages aux flotteurs, on dessinera le profil en travers de la rivière et on reportera au-dessus de la ligne d'eau des verticales représentant des vitesses superficielles mesurées. En joignant l'extrémité de ces verticales, on peut tracer la courbe des vitesses superficielles. On aura intérêt à préciser, lors des mesures, la vitesse sur les rives, afin d'avoir d'une façon précise, la forme de la courbe aux deux extrémités. En effet, pour certaines sections, la vitesse décroît progressivement jusqu'à la berge et dans d'autres cas (surtout rive concave), la vitesse, en l'absence de végétation, ne décroît que dans les derniers centimètres avant la berge. Des mesures, même purement qualitatives de ces vitesses sur les rives, évitent de faire des erreurs aux extrémités. On comparera la courbe ainsi obtenue aux courbes tracées dans les jaugeages au moulinet (I) et on vérifiera que les conditions d'écoulement semblent, à priori, normales. En prenant la moyenne de l'aire sous-tendue de la courbe des vitesses superficielles, on obtient la vitesse superficielle moyenne. Il ne restera plus qu'à multiplier par le coefficient :

(I) dans la même section.

.../

Vitesse moyenne dans la section
Vitesse moyenne superficielle

qui sera déterminé soit par l'examen du tableau en annexe, soit par la comparaison des jaugeages effectués au moulinet dans la même section. On notera que la vitesse mesurée par ce procédé n'est pas la vitesse superficielle vraie. C'est sensiblement la vitesse à une dizaine de centimètres de la surface. C'est donc à peu près la même vitesse que celle mesurée par le moulinet en haut de chaque verticale.

Pour les jaugeages aux flotteurs, on aura intérêt à effectuer des mesures de pente chaque fois que sur la courbe d'étalonnage les jaugeages aux flotteurs correspondent à des débits assez éloignés des jaugeages effectués au moulinet, en particulier, lorsque la courbe n'est étalonnée que pour les stations à moyens débits et lorsque par suite de difficultés techniques les jaugeages de crue sont faits aux flotteurs.

On exposera plus loin la pratique des mesures de pente.

JAUGEAGES au MOULINET

Le moulinet peut être monté, soit sur perche, soit à l'extrémité d'un câble, le moulinet étant lesté par un saumon.

Le jaugeage à la perche est surtout utilisé pour les faibles hauteurs d'eau et généralement pour des débits assez faibles.

Le jaugeage à la perche est plus agréable en ce sens, qu'on est absolument sûr de l'orientation du moulinet. Mais pour les grandes profondeurs et les fortes vitesses, la perche subit des efforts très importants et on est vite amené à utiliser le saumon.

En outre, la perche serait inutilisable dans le cas où on opère d'un pont ou d'une passerelle, assez haut au-dessus du plan d'eau.

Les jaugeages au saumon seront donc utilisés pour des profondeurs importantes et généralement pour les grands fleuves, en moyennes et en hautes eaux. Le poids du saumon doit correspondre à la profondeur et à la vitesse du courant. Le saumon de 25kgs convient dans les cas courants. On n'a pas intérêt à utiliser un saumon trop léger, car dans ce cas le câble de suspension du moulinet et du saumon prend une direction oblique. On n'a pas non plus intérêt à utiliser un saumon trop lourd car alors les manipulations deviennent difficiles, on risque de fausses manoeuvres qui, sur des bateaux plus ou moins stables, peuvent conduire à un naufrage ou à abîmer le moulinet.

Théoriquement, le moulinet devrait être utilisé sur une passerelle que l'on peut amener facilement au ras de l'eau. Sauf pour quelques cours d'eau peu importants, c'est en général impossible à réaliser dans les territoires d'Outre-Mer. Toutefois, lorsqu'on peut le faire, on veillera à ce que la plupart des éléments de la passerelle soient démontés après jaugeage pour éviter d'être emportés par les crues. Sur de telles passerelles, on utilise généralement le moulinet monté sur perche.

On peut également jauger directement à partir d'un pont existant. Les inconvénients sont les suivants :

- mauvaises répartitions des vitesses, dans le passage sous le pont, pouvant conduire à des erreurs,
 - généralement, grandes hauteurs au-dessus du plan d'eau.
- On est, presque toujours amené à utiliser le moulinet avec saumon.

Un avantage par contre : on évite les difficultés de traversée et il est difficile d'installer le treuil support du câble sur le pont, en général.

On est conduit, dans la plupart des cas, à monter le moulinet sur un canot métallique ou une pirogue qui seront soit amarrés à un câble, soit immobilisés par une ancre.

S'il s'agit d'un seul canot ou d'une seule pirogue le moulinet sera installé latéralement à une distance suffisante pour éviter que l'écoulement de l'eau contre les flancs du canot crée des perturbations, à noter que ces perturbations n'ont lieu qu'en surface.

Autant que possible, ne pas mettre le moulinet dans l'axe du bateau car ^{cela} conduit alors à une très mauvaise répartition de la charge : le moulinet, le saumon, le treuil et les opérateurs se trouvant tous à l'avant.

On a intérêt, chaque fois que c'est possible, à monter deux canots ou deux pirogues en portières. L'ensemble présente une grande stabilité et les opérateurs ont toute la place voulue. Ces portières sont, soit réalisées avec des pièces métalliques, usinées spécialement, soit au moyen de chevrons, de madriers et de cordages. En règle générale, le canot isolé ne doit être utilisé que pour des débits ne dépassant pas 5 ou 600m³/sec., pour une vitesse de l'ordre de Im. à 1,50m.

CAS où il est possible d'UTILISER un CÂBLE pour le

JAUGEAGE.-

Le câble joue un double rôle :

- 1°) il sert à immobiliser le bateau,
- 2°) il permet de repérer les distances à la rive grâce à des marques sur le câble.

A. CABLES FIXES.-

On opère soit avec un câble fixe, soit avec un câble que l'on montera à chaque jaugeage. Pour installer un câble fixe, il faut que le cours d'eau ne soit pas navigable. Le câble doit être placé assez haut pour qu'aux plus hautes eaux, il puisse laisser le passage des corps flottants en particulier les arbres. On doit pouvoir le descendre pour chaque jaugeage. Le diamètre doit être assez important et les fixations absolument sûres. La présence d'un câble fixe fait gagner du temps pour chaque jaugeage; en plus, on peut

.../

le traverser en basses eaux, mais il ne peut pas être utilisé pour de très larges fleuves puisqu'il est impossible de l'employer comme câble flottant et il faudrait un stock considérable de câbles pour équiper toutes les stations en câbles fixes.

B - Mise en place à chaque jaugeage -

Le diamètre du câble est moins important : 8, 6, 4mm. Une âme en chanvre donne de la souplesse, mais réduit beaucoup la solidité. Il vaut mieux utiliser des câbles entièrement métalliques. Dans le même ordre d'idée, le câble de 4mm. est infiniment plus maniable, mais il exige beaucoup plus d'adresse car, évidemment il est beaucoup plus fragile. Un hydrologue adroit peut utiliser le câble de 4mm. dans tous les cas. Il est plus prudent, si l'hydrologue n'est pas absolument sûr de lui, d'employer, pour les sections assez larges, un câble de diamètre plus important.

Le câble sera toujours monté sur des tourets afin d'éviter d'emmêler les brins, ce qui conduit à détériorer le câble et fait perdre du temps. Le touret pourra être facilement dévidé grâce à un chevalet extrêmement sommaire, comportant autant que possible, une manivelle qui permettra d'arrêter le déroulement.

La mise en place du câble est la manoeuvre la plus délicate du jaugeage. Elle s'opère en deux temps :

- 1 - la traversée,
- 2 - la mise en tension.

Dans tous les cas difficiles, on opérera ainsi :

1°) On fixe solidement une extrémité du câble en utilisant un arbre ou, à défaut, un point fixe, constitué par un ou plusieurs pieux amarrés ensemble par des chutes de câble.

2°) Le touret sera installé dans le bateau et le câble sera dévidé au fur et à mesure de l'avancement du bateau vers l'autre rive. Il sera donc ainsi "posé" sur les cours d'eau et non tiré, ce qui exigerait des efforts considérables pour traverser. On remontera un peu vers l'amont puis on traversera le plus rapidement possible en s'efforçant de conserver une direction perpendiculaire au courant. C'est souvent dans ce cas qu'un bon moteur sera nécessaire. On s'arrangera toujours pour avoir entre l'extrémité du câble tenu à la main dans le bateau et le touret (attention aux blessures causées par les débris de câbles et aux brûlures), une certaine longueur de cordage. Arrivé à la rive, on prendra la boucle du câble et on sautera très rapidement sur la rive. L'opérateur devra tenir bon pendant qu'on immobilisera le canot. Si le bateau est pourvu d'un moteur, il faudra toujours prévoir une panne pendant la traversée, et par conséquent, avoir un aide prêt à jeter l'ancre. L'expérience prouve que la panne de moteur arrive

une fois sur deux pendant la traversée.

Il faut toujours que la rive sur laquelle ont aboutit soit facilement abordable sur une assez grande longueur. On partira donc de la rive la plus difficile. Si les deux rives sont également faciles, partir du côté où le courant est le moins fort pour réduire au minimum la divagation du câble pendant la traversée. On amarrera la seconde extrémité du câble sur un arbre ou un point fixe. Ce point fixe sera installé au préalable, bien entendu.

Pour la tension du câble, l'une des extrémités sera amarrée au crochet d'un moufle à 4 brins, le moufle étant amarré lui-même à l'arbre ou au point fixe. On tendra en tirant sur le brin libre. S'il s'agit d'un câble de faible diamètre il ne faudra laisser qu'un seul homme tirer sur le brin libre. Le moment délicat est le décollage du câble de la surface de l'eau. Il se produit un coup de fouet qui risque d'augmenter les efforts. Il faudra alors opérer progressivement. Il est bon même qu'un européen s'occupe directement de la manoeuvre à ce moment-là.

De façon générale, dans l'emploi des câbles métalliques, il faudra toujours faire des boucles de rayon suffisant pour ne pas martyriser le câble. Les boucles seront maintenues ouvertes au besoin par des rondins. La solution idéale consiste à passer les extrémités des câbles sur les poulies et amarrer le brin libre avec au moins deux serre-câbles. Apporter à la mise en place des serre-câbles tout le temps et le soin nécessaires. La perte de temps qui se produit lorsqu'il faut rattacher un câble qui se décroche et retraverser est beaucoup plus importante que le temps passé pour serrer convenablement un serre-câble.

Eviter d'utiliser, pour tendre le câble, le treuil d'un camion, moyen de tension beaucoup trop brutal.

Pour les traversées de câble, il est nécessaire de bien préparer les manoeuvres à l'avance et de savoir exactement ce que l'on va faire, surtout lorsque l'équipe d'hydrologues comprend plusieurs européens n'ayant pas l'habitude de travailler ensemble. Il faudra donner des ordres clairs et des consignes précises aux africains. On calculera également toutes les manoeuvres de façon à limiter au strict minimum le nombre de traversées du cours d'eau. Il est nécessaire que la longueur de câble dont on dispose soit de 50% supérieure à la largeur du fleuve à jauger.

Pour les très grandes portées, si le bateau dont on dispose n'est pas pourvu d'un moteur suffisant, c'est souvent le cas au-delà de 12 ou 300m. ou si la portée doit exiger des câbles de diamètre prohibitif, on utilisera la méthode du "câble flottant". Prendre un câble de faible diamètre, 4mm. en général, comme indiqué plus haut. Ne pas le tendre.

Il flottera sous l'action de la vitesse superficielle. On effectuera rapidement le jaugeage en repérant l'emplacement du bateau par les marques du câble, exactement comme s'il était tendu. On opérera rapidement pour éviter que les herbes qui s'accumulent sur le câble gênent sa récupération. On mesurera la longueur du câble et la distance entre les points de fixation pour reconstituer la courbe qui sera assimilée à une chaînette ou à une parabole.

On peut avoir avantage, à l'amont d'un pont, à utiliser cet ouvrage pour la traversée du câble, le câble étant ripé ensuite vers l'amont.

S'il est impossible de passer un câble, on sera amené à ancrer le bateau.

La solution idéale consisterait à immobiliser le bateau au moyen de deux ancres, une à l'avant une à l'arrière, les deux ancres étant montées sur des treuils de façon que le bateau puisse être mis exactement dans la section de jaugeage après être ancré. En général, on opère seulement avec une ancre. Il arrive que le bateau se déplace légèrement à droite et à gauche au cours du jaugeage; ce n'est pas grave si le fleuve à jauger est suffisamment large, ce qui est généralement le cas pour des jaugeages de cette sorte. C'est évidemment beaucoup plus grave au voisinage des rives. On aurait alors intérêt à noter la position du bateau pour chaque position du moulinet, de sorte que près des rives les points de mesure ne sont plus forcément sur une verticale.

Une précaution élémentaire à prendre est d'utiliser une chaîne d'ancre assez longue pour avoir un bon accrochage (I).

(I) Dans les fleuves difficiles, il est très important que la chaîne d'ancre soit solidement fixée sur le bateau mais il faut que l'on puisse abandonner l'ancre immédiatement sans grandes difficultés. Une autre précaution utile, dans le cas de fleuve chariant beaucoup est de mettre un africain absolument sûr pour surveiller l'arrivée éventuelle de troncs d'arbres ou de corps flottants divers, pendant que l'hydrologue est tout à ses opérations de jaugeage.

.../

Il est généralement indispensable d'utiliser, dans ce cas, de l'électrocâble, sinon beaucoup trop de filins descendent à la fois vers le fond et on ne peut que les emmêler et faire du dégât.

Une fois le bateau immobilisé, on repèrera sa position au moyen d'un cercle hydrographique ou au moyen d'un relèvement tachéométrique, le deuxième opérateur étant situé sur une des rives. Une solution intéressante, si l'on n'opère qu'avec un seul hydrologue, est l'utilisation du télémètre qui permet de repérer directement la distance du bateau aux rives.

Pour les stations de jaugeages particulièrement intéressantes, on pourrait mettre en place des balises tous les 50 ou 100m., balises constituées de fûts de 200 litres, ancrés au fond. La position du bateau serait facilement repérée, par rapport à ces balises. on évite ainsi de mesurer les distances au moment du jaugeage.

Pour les opérations de jaugeages proprement dites, on devra utiliser des carnets préparés à l'avance. On prendra soin pour le cas où le moulinet tourne très lentement et où le contact est mal réglé, de prendre le départ du chronomètre au début de la première sonnerie et d'arrêter le chronomètre au début de la seconde sonnerie. Bien réaliser à chaque verticale, au moyen des temps relevés, les variations de vitesse approximative en résultant; cela permet de voir si tout se passe normalement. Dans tous les cas, relever un profil en travers en repérant le fond au moyen du moulinet. On aura intérêt à mesurer très sommairement les vitesses vers les rives au moyen de flotteurs.

Dans l'utilisation du moulinet, on aura intérêt à faire une manoeuvre à blanc sur la rive en soufflant légèrement sur l'hélice. On veillera particulièrement à surveiller les roulements et les contacts.

ETALONNAGES.-

Les questions d'étalonnages sont vues de très près par les fabricants surtout en vue des mesures de rendement des turbines. Pour nos jaugeages en hydrologie fluviale, une telle précision est généralement inutile. Un seul point est important, c'est l'utilisation ou non du cercle de protection. En effet, l'enlèvement de ce cercle sur le moulinet étalonné peut créer d'assez grosses erreurs.

On pourra réétalonner un moulinet suspendu, soit avec un autre moulinet de comparaison, soit par déplacement du moulinet dans un bras mort. On compare le nombre de tours enregistrés.

et la distance parcourue.

ESPACEMENTS des VERTICALES et des POINTS de MESURE.

On trouvera dans les notices de très belles règles à ce sujet. Un bon hydrologue ne doit les suivre que de très loin.

L'espacement des verticales est uniquement fonction de la nature de l'écoulement. Dans les zones où l'écoulement est régulier, on a toujours intérêt à espacer les verticales. On doit les resserrer dès que les vitesses varient rapidement, par exemple au voisinage des rives ou au voisinage d'un obstacle. C'est exactement le même problème que le choix des points à relever sur le terrain par le topographe.

De toute façon on aura intérêt pour les premiers jaugeages que l'on effectuera dans une section, à resserrer les verticales de mesure et les points de mesure sur les verticales. Lorsqu'on connaîtra bien la section, on pourra alors prendre un espacement plus grand entre les verticales. On opérera de même pour les points sur les verticales. Si les vitesses varient peu suivant la profondeur, on les espacera davantage.

De toute façon, pour les grands fleuves à écoulement régulier, on peut parfaitement se contenter d'une douzaine de verticales bien placées.

Si les conditions de travail sont particulièrement dangereuses et s'il faut aller vite, il vaut mieux réduire encore le nombre des verticales en le complétant au besoin par quelques mesures extrêmement sommaires aux flotteurs, par repérage direct de la vitesse le long du canot par exemple.

DEPOUILLEMENT

Le dépouillement, s'il est fait trop sommairement peut conduire à des erreurs, beaucoup plus importantes que les erreurs d'étalonnage.

La méthode qui consiste à faire la moyenne arithmétique des vitesses avec une répartition homogène, ne peut être utilisée que pour avoir une première idée du débit mesuré. Il faudra procéder par double intégration, c'est-à-dire déterminer le débit dans une tranche d'eau entourant une verticale (par la somme des moitiés de distance aux deux verticales voisines). On ajoutera les débits de ces différentes tranches. Il faudra procéder avec beaucoup de soin vers les deux rives où l'on commet généralement des erreurs. C'est là que l'emploi des flotteurs

/ (produit de la vitesse moyenne par la somme

permet de constituer des tranches très étroites permettant de déterminer avec précision le débit dans ces régions.

Cette méthode peut être utilisée sans planimètre si l'écoulement a été régulier, ainsi que le profil en travers.

Une seconde méthode "plus intelligente" est la méthode des courbes d'égale vitesse. On reportera sur le profil en travers les points de mesure affectés de leur vitesse, et, compte tenu des valeurs des vitesses, on tracera les courbes $V = 0,10, 0,20$ etc... On planimètrera (I) les surfaces entre deux vitesses consécutives, telles que 0,60, 0,70. On multipliera cette surface par la moyenne des deux vitesses, ici 0,65 et on obtiendra ainsi le débit élémentaire et on ajoutera tous les débits élémentaires.

Pour les bandes correspondant aux vitesses maxima, on verra d'après la répartition des points quelle vitesse il convient d'affecter à cette surface.

Cette méthode est la seule utilisable dans le cas d'écoulement compliqué. Elle permet, par un rapide examen, de voir immédiatement si l'on a effectué une erreur de mesure.

Dans tous les cas, pour une même station de jaugeages, dessiner toujours les profils en travers avec la même échelle de façon qu'on puisse les superposer, voir les variations du lit et voir les variations d'écoulement avec les différents débits.

Pour tous les dépouillements faire des feuilles de calcul bien présentées et extrêmement claires.

Ne jamais jeter les carnets de jaugeages aussi précieux que les carnets topographiques. Enfin, remplir les fiches et faire les plans suivant les modèles déjà établis.

MESURES de PENTE

Les mesures de pente permettent des vérifications particulièrement intéressantes lorsque les résultats du jaugeage sont incertains. L'idéal, pour les effectuer, serait de placer une borne sur la section de jaugeages et quatre bornes, de part et d'autre, le long de la berge, toutes ces bornes étant soigneusement nivelées. En face de chaque borne, on mettra une échelle rattachée par nivellement à ces bornes. Il suffirait d'y lire les hauteurs d'eau sur les échelles pour déterminer immédiatement la pente. L'écartement des bornes est fonction des pentes. Il faut au moins compter 50m. entre deux bornes consécutives. Il est rare que l'on puisse établir un tel dispositif. Les bornes, sur la rive, peuvent être remplacées par des piquets nivelés. D'autres piquets enfoncés dans la

(I) Attention au planimètre : Engin dangereux quand il est mal employé ou mal réglé

berge servent d'échelles. On tracera au couteau un trait sur ces derniers piquets et on mesurera soigneusement la hauteur entre ce trait et la tête du piquet et on enfoncera le piquet jusqu'à ce que l'eau affleure le trait.

Fixer la longueur du piquet de telle façon qu'au moment de l'affleurement il soit suffisamment enfoncé dans le sable ou la vase pour qu'on puisse poser la mire dessus sans l'enfoncer davantage. En opérant ainsi on peut très bien poser les piquets à un moment donné et prendre les cotes quelques heures après.

On mettra en place 5 piquets pour permettre les contrôles et pour éviter que la disparition d'un piquet ne vienne pas rendre les mesures inutilisables.

Il ne faut pas oublier de créer sur la rive une piste débroussaillée, conduisant du premier au dernier piquet.

Pour les fleuves à très faible pente, il serait nécessaire d'utiliser des procédés moins rudimentaires.

On vérifiera par la formule de Ganguillet et Kutter appliquée à la rivière, si les conditions d'écoulement sont normales.