

LE REGLAGE DES NIVEAUX PAR BARRAGES MOBILES POUR DES OUVRAGES A FAIBLES RETENUES

Les barrages mobiles adaptés aux faibles retenues

par

*M.H. DEHOUSSE, Ingénieur civil des Constructions,
Professeur ordinaire à l'Université de Liège (L.H.C.H.) (*)*

et

*Ph. RIGO, Ingénieur civil des Constructions,
Assistant à l'Université de Liège (L.H.C.H.) (*)*

(Belgique)

ABSTRACT

Taking advantage of the information relating to older navigation barrages, we have looked at the evolution of modern barrages with electro-mechanical command systems. For low heads (3 to 5 m), we suggest to build single element barrages, because the use of an upper element reduces too much the stiffness of the barrage.

Our study develops the concept of a single element barrage, which can be lifted and lowered, and which is applied to a segment gate. We present a draft project for a barrage with 3 x 30-metre spans and a 5-metre head.

KEYWORDS

Navigation barrage - Waterways - Segment gate - Level regulation - Caisson-like structure.

SOMMAIRE

En profitant des enseignements constructifs relatifs aux anciens barrages mobiles, nous avons étudié l'évolution des barrages modernes à commande électro-mécanique. Nous proposons pour les faibles retenues (3 à 5 m) la construction de barrages à vanne unique, l'utilisation d'une vannette réduisant d'une manière trop importante la rigidité d'ensemble du barrage.

Notre étude développe ce concept de vanne unique, levante et baissante à la vanne segment et présente un projet concret pour un barrage à 3 pertuis de 30 m et de 5 m de retenue.

MOTS CLEFS

Barrage mobile - Voie navigable - Vanne segment - Régulation - Structure en caisson.

1. INTRODUCTION

L'existence des barrages mobiles est une condition fondamentale du développement de la navigation fluviale.

Ceux-ci permettent en effet de conserver un tirant d'eau suffisant pour autoriser la navigation des unités de transport dans les meilleures conditions et ce, le plus grand nombre de jours possible par an.

Dans le principe, leur rôle est de maintenir les niveaux d'eau entre deux niveaux de référence, le niveau inférieur devant garantir une aisance suffisante aux bateaux et le niveau supérieur devant limiter les débordements en amont du barrage mobile.

(*) Laboratoires d'hydrodynamique, d'Hydraulique Appliquées et des Construction Hydrauliques de l'Université de Liège, 6, Quai Banning - Liège.

2. RAPPEL DES TYPES DE BARRAGES MOBILES EXISTANTS

2.1. LES ANCIENS BARRAGES A COMMANDE MANUELLE

Les plus connus en Europe sont sans aucun doute les barrages à aiguilles, à fermettes, à poutrelles, à hausses.

La figure 1 donne à titre d'exemple la vue en coupe transversale d'un barrage à fermettes et aiguilles.

Dans ces barrages, la bouchure est réalisée par des aiguilles, c'est-à-dire des pièces de section carrée disposées verticalement (ou sous une faible pente vers l'aval). Elles prennent appui au bas sur un seuil en saillie et sont retenues à la partie supérieure par un dispositif qui peut être un câble tendu, une poutre, ...

Placées jointivement, les aiguilles travaillent indépen-

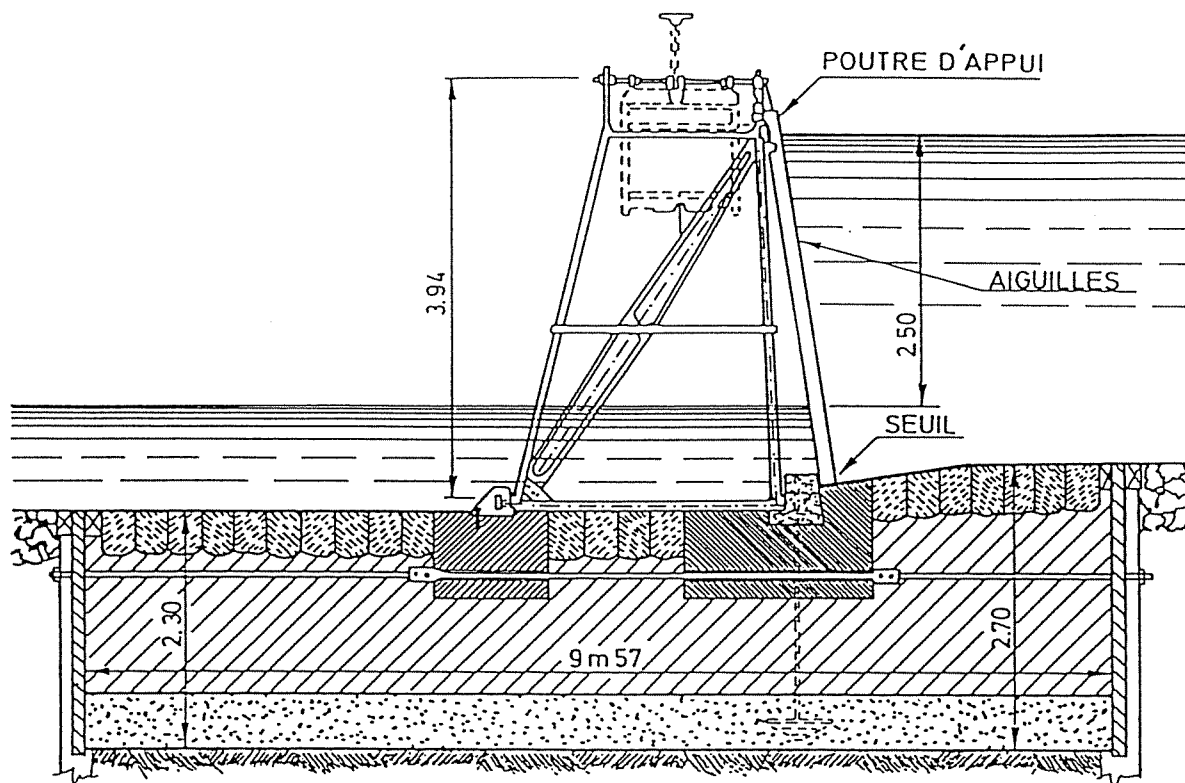


Fig. 1 - Vue en coupe transversale d'un barrage à fermettes et aiguilles
Cross-section of a frames and needles barrage

damment mais forment une paroi plus ou moins étanche.

Le paramètre fondamental en ce qui concerne la résistance des aiguilles est la hauteur de la retenue. En effet, c'est celle-ci qui conditionne totalement la charge à supporter par les aiguilles; la largeur de la passe n'ayant ici aucune influence.

Les contraintes liées à la manutention conduisent à des dimensions très réduites de ces aiguilles; par exemple 15 cm x 15 cm de section.

Le nombre d'éléments composant la bouchure étant très important, la précision du réglage du débit évacuable est très bonne. Mais par contre, l'étanchéité devient fort aléatoire vu le grand nombre d'éléments constitutifs entre lesquels aucun dispositif d'étanchéité n'est prévu et la vitesse d'exécution des opérations de manoeuvre est fortement réduite avec l'accroissement du nombre d'éléments à déplacer. En outre, le danger pour les barragistes qui effectuent ce travail n'est pas négligeable, et nombre de mesures de sécurité ont dû être prises au cours du temps pour le réduire.

Ces considérations s'appliquent dans leur principe à tous les anciens barrages composés d'un grand nombre de petits éléments : poutrelles, fermettes et hausses.

2.2. LES BARRAGES MOBILES A COMMANDE ELECTRO-MECANIQUE

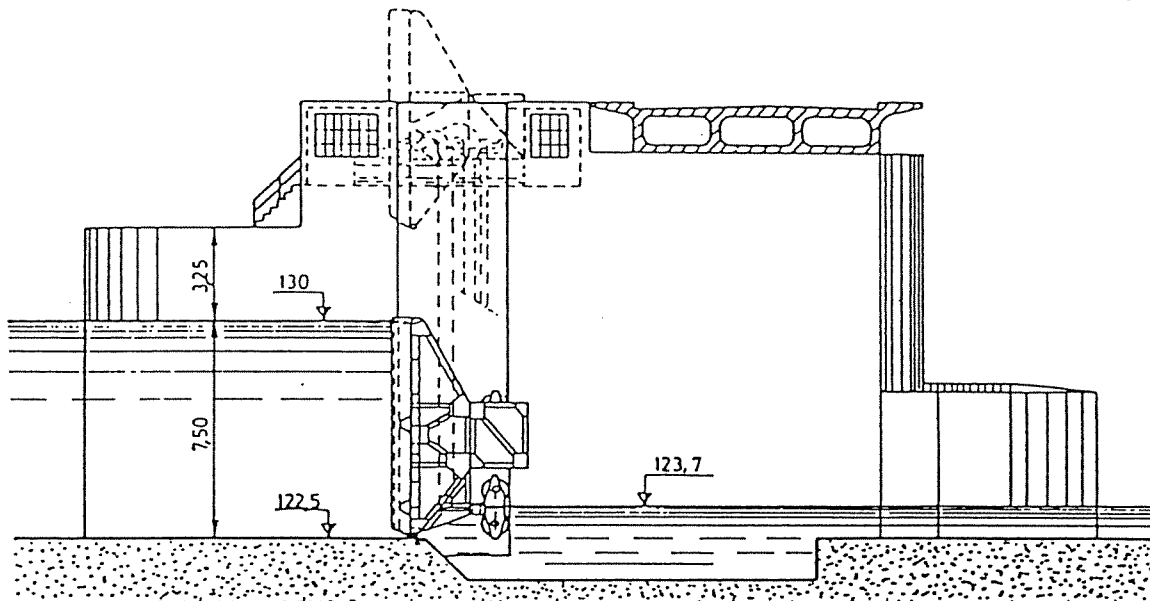
L'évolution des techniques, à savoir le développement de la connaissance des matériaux, l'élaboration de nouvelles techniques de calculs plus performantes, la tendance à l'automatisation, ont conduit au remplacement des barrages les plus anciens par des systèmes à segment, à secteur, à clapet, à vanne levante, ..., dont la figure 2 montre un exemple désormais classique.

Ces barrages sont tous caractérisés par un nombre réduit d'éléments constitutifs.

L'élément principal couvre à lui seul la totalité du pertuis et la manoeuvre se fait à l'aide de câbles, chaînes ou vérins.

Dans ces conditions, l'étanchéité est très bonne vu ce nombre réduit d'éléments constituant la bouchure. Il en résulte une grande sécurité pour le personnel de contrôle et une grande vitesse d'exécution des manoeuvres.

La recherche de la finesse de réglage que permettaient les anciens barrages mobiles du fait de la multiplicité des éléments constitutifs, a été réalisée par l'utilisation de vannes en deux parties: vanne et vannette. La partie supérieure (vannette) étant manoeuvrée pour l'évacua-



COUPE TRANSVERSALE (VANNE LEVANTE)

Fig. 2 - Vanne levante en une pièce
Single piece lift gate

tion des faibles débits, le corps principal (vanne) restant fixe. Ce n'est qu'en période de crue que l'ensemble est manoeuvré.

En effet, le réglage du débit est plus aisé à obtenir lors d'un écoulement de surface que lors d'un écoulement par lame de fond. Connaissant cette règle, le concepteur actuel place couramment une vannette sur le corps principal de la vanne. Celui-ci reposant sur le radier, peut rester en place la plus grande partie de l'année, seule la vannette se déplaçant à la partie supérieure du corps principal assure la régulation.

Une attention particulière doit donc être portée sur la courbe des débits classés de la rivière afin de déterminer la fréquence de chaque type d'écoulement.

En outre, il y a intérêt à réduire le nombre de piles en rivière, c'est-à-dire à augmenter la longueur des pertuis, l'objectif à atteindre étant : une longueur utile pour l'écoulement la plus grande possible sans élargir la voie d'eau au droit du barrage.

L'accroissement des portées est permis par l'utilisation de plus en plus fréquente de vannes en caisson : structures fermées résistant bien à la torsion mais aussi à la flexion quel qu'en soit le sens.

La figure 3 retrace brièvement l'évolution de forme des corps de vanne à clapet.

L'accroissement de la rigidité torsionnelle permet en outre de songer à ne manoeuvrer la pièce que d'un seul côté.

Ayant considéré ces divers paramètres, on aboutit à la conclusion qu'il n'est pas possible de définir un type de barrage mobile s'adaptant à toute la gamme des retenues existantes.

En effet, pour des retenues de grandes hauteurs (10 à 20 m), le système de vanne et vannette semble particulièrement bien indiqué pour atteindre des portées élevées (30 m), tout en assurant une bonne régulation du débit (figure 4).

Il en est autrement des retenues plus faibles (3 à 5 m), pour lesquelles la conjugaison d'emploi du système à vanne et vannette, avec des portées élevées conduit à un manque évident de rigidité de chacune des 2 parties de la vanne (figure 5).

Il ne semble donc pas raisonnable d'implanter dans des biefs de faibles retenues des ouvrages calqués sur des barrages existants correspondant à des retenues beaucoup plus grandes (10 à 20 m) où le problème de la rigidité ne se pose pas (figure 5).

Les formes données à leur section transversale tenant compte des efforts sollicitants et des progrès réalisés en construction métalliques ont évolué comme suit :

Fig. 3.1 - bordé en forme d'équerre raidi appuyé sur le radier sur de très nombreux appuis, par suite du peu de rigidité à la torsion.

Fig. 3.2 - bordé plan raidi fixé sur une poutre tubulaire prenant appui sur le radier par des paliers en nombre limité, la poutre tubulaire résistant bien à la torsion.

Fig. 3.3 - abandon du bordé plan et profilage de façon à lui donner une forme hydrodynamique plus favorable à l'écoulement des eaux : la poutre de torsion ne doit pas nécessairement se trouver à l'axe de torsion.

Fig. 3.4 - le clapet est constitué par une poutre tubulaire en forme de lentille, dont, le bordage fait partie; selon les dimensions de la section transversale, il y a ou non un tube anti-torsion.

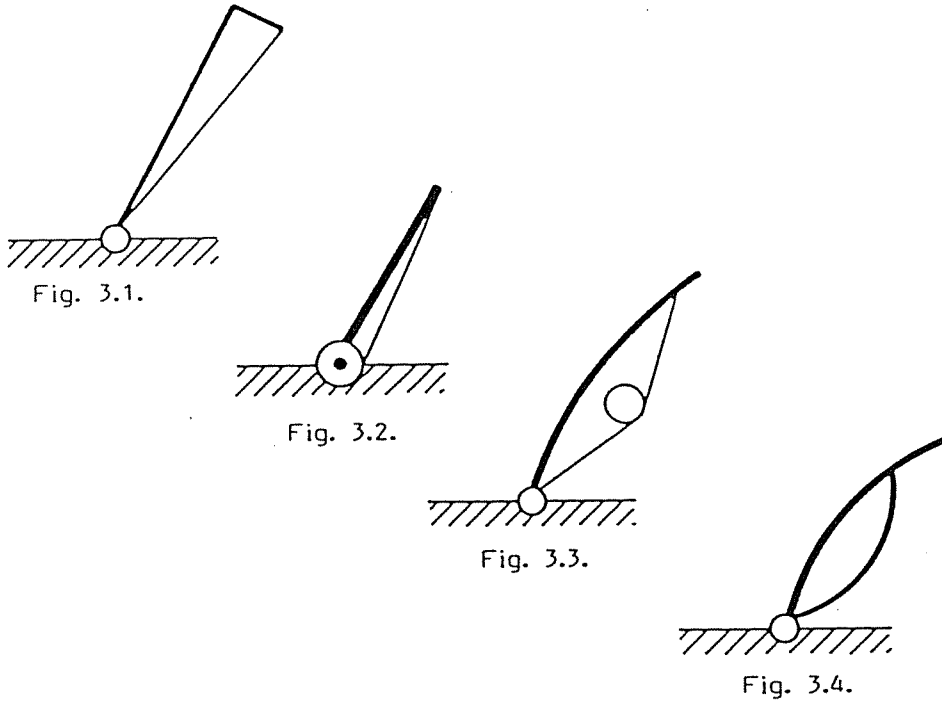
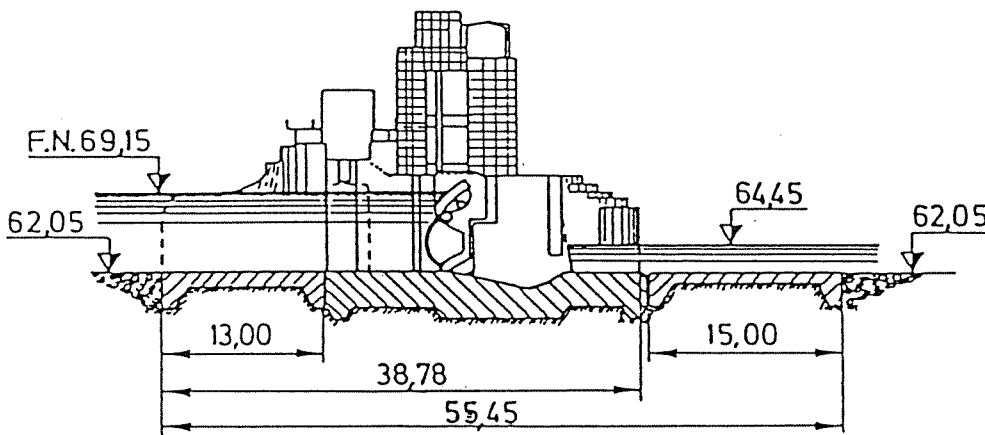
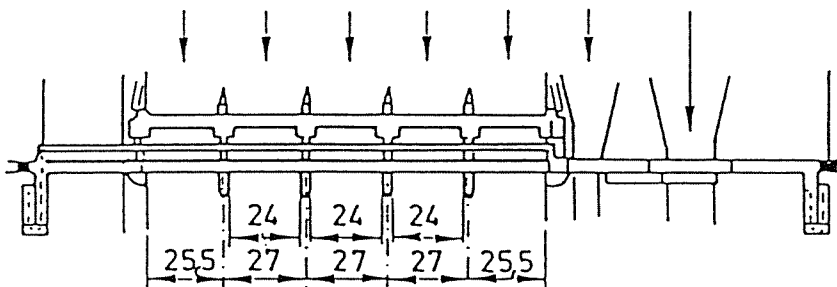


Fig. 3 - Evolution de forme des corps de vanne à clapet
Evolution of the shape of bodies of the tilting gate



Barrage Mobile conventionnel

- Coupe dans un pertuis du barrage
- Hauteur de la retenue 7 m
- Vanne levante composée d'un corps de vanne principal en caisson et d'un clapet à la partie supérieure



Usual Navigation Barrage

- Cross-section in a span of the barrage
- Height of the head 7 m
- Lift gate composed of a box structure for the main gate and a tilting gate at the top

Figure 4

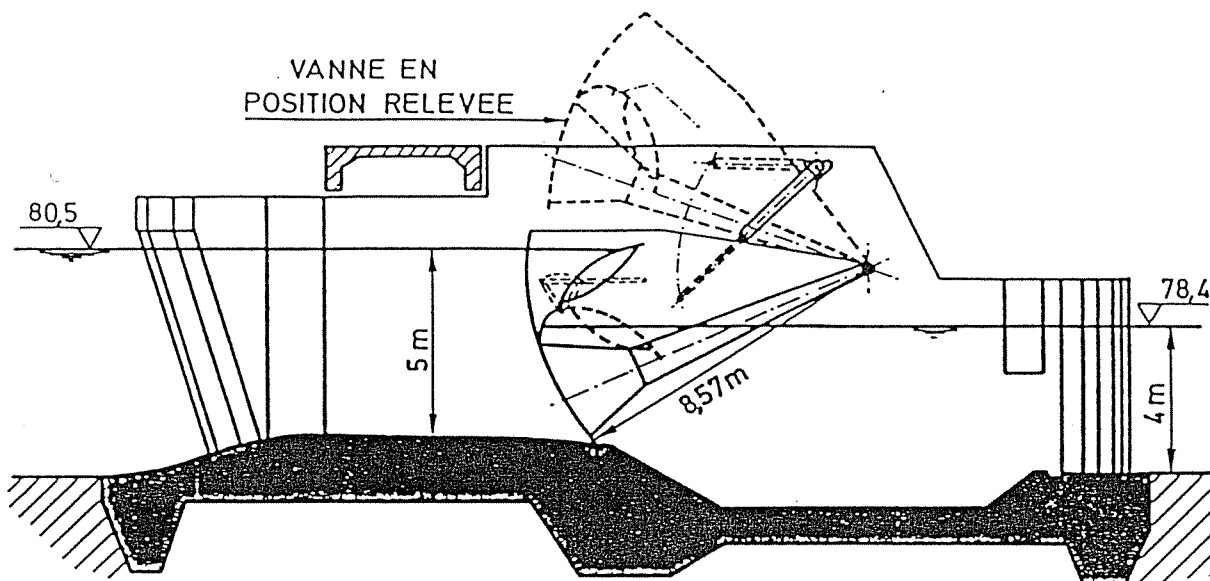


Fig. 5 - Vue de la vanne segment traditionnelle
 - Vanne et vannette -
 View of the traditional segment gate
 - Two-element radial gates -

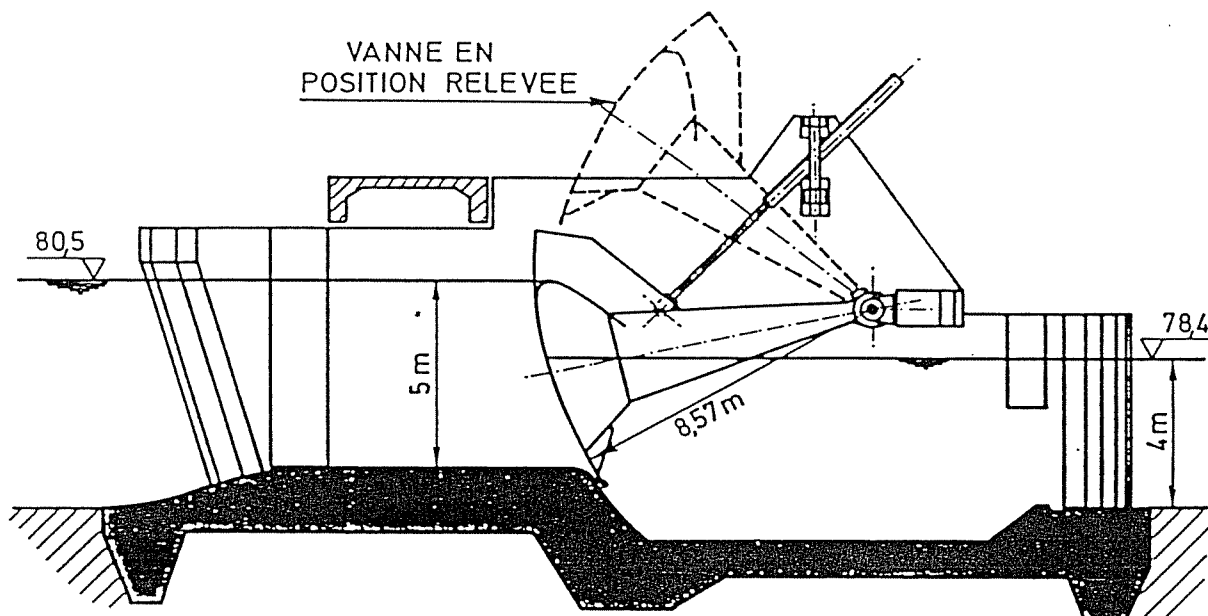


Fig. 6 - Vue de la vanne segment à corps unique, levante et baissante
 View of the single piece segment gate which can be lifted and lowered

3. PROPOSITION D'UN BARRAGE MOBILE NE COMPORTANT QU'UNE VANNE PAR PERTUIS MAIS REALISANT LES OBJECTIFS PRECITES (figure 6)

Pour pallier le manque de rigidité et pour simplifier la commande du barrage, il est suggéré d'employer un système de barrage mobile en une seule pièce, couvrant en

hauteur toute la retenue. Comme décrit plus haut, il permettra l'évacuation des petits débits et des glaces par un écoulement de surface; les débits de crues et les débits solides éventuels étant évacués par un écoulement de fond (figure 7).

Sur la figure 6 ce système de vanne unique a été adapté à la vanne segment mais pourrait également être adapté à la vanne levante qui serait de ce fait aussi baissante.

La comparaison des figures 5 et 6 montre nettement la moindre rigidité de la version vanne et vannette (fig. 5) par rapport à la solution à pièce unique (fig. 6).

La figure 8 donne le détail de l'étanchéité au pied de la vanne. Celle-ci est importante vu que la vanne ne repose jamais sur le radier, les vérins étant en permanence en charge. L'évolution des techniques au niveau des vérins hydrauliques permet la conception de tels vérins.

On notera l'importance du choix du positionnement des vérins, de manière à conserver ceux-ci en permanence hors de l'eau. Les points d'attaches des vérins, d'une part sur le bras de la vanne segment et d'autre part sur la pile, conditionnent totalement le diagramme des efforts dans le vérin pour une position donnée de la vanne.

Les figures 9, 10, 11 donnent un aperçu des détails de la structure et notamment des 2 compartiments étanches placés pour soulager les vérins lorsque la vanne est en position basse.

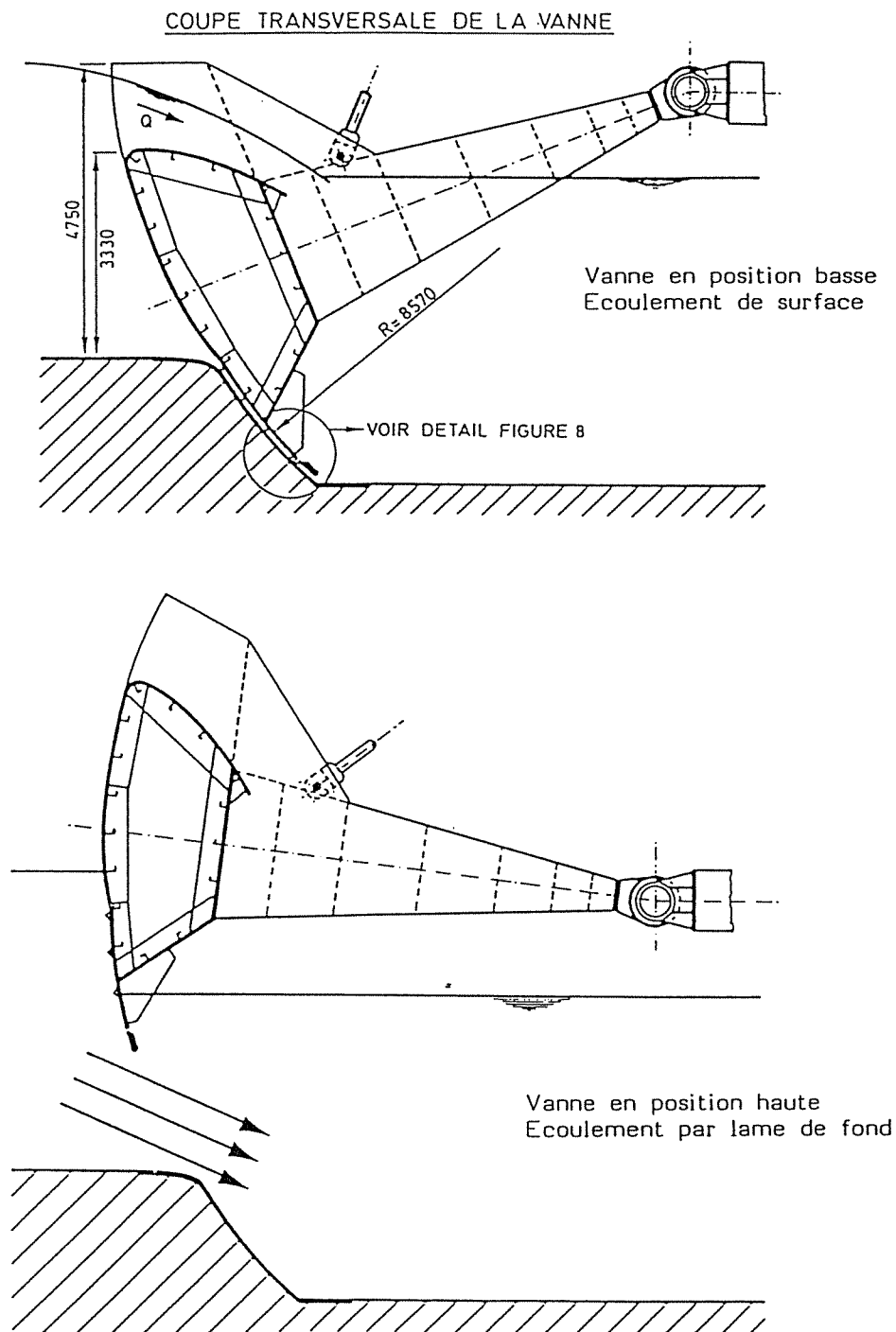


Fig. 7 - Vues des positions possibles de la vanne segment
Views of the possible positions of the segment gate

DETAIL DE L'ETANCHEITE

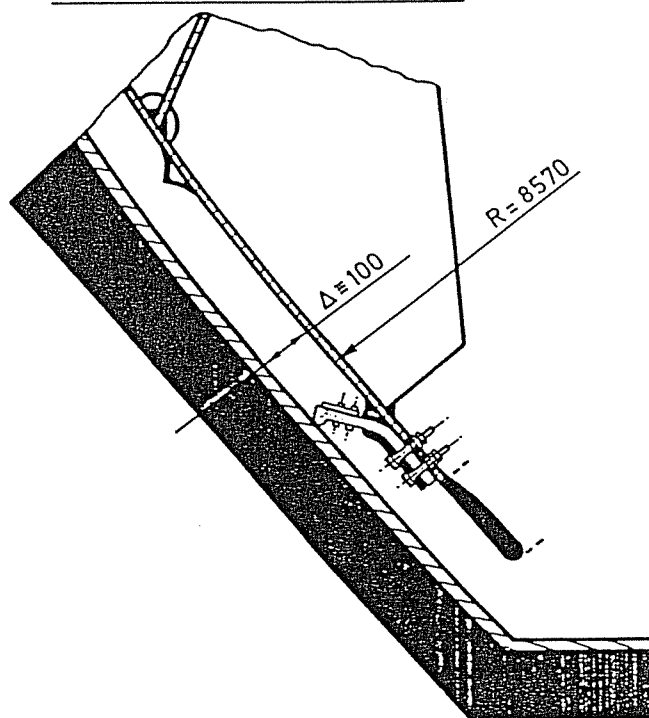


Fig. 8 - Etanchéité au pied de la vanne, celle-ci ne reposant jamais sur le radier
Water-seal at the bottom of the gate, which never rests on the foundation

4. CONCLUSION

Bien que les barrages mobiles à vannes et vannettes donnent entière satisfaction pour la gamme des retenues importantes (10 à 20 m), il n'est pas souhaitable d'utiliser ce type de barrage pour les faibles retenues (3 à 5 m). Pour des raisons de simplicité, de rigidité, et aussi d'économie, il est proposé pour les faibles retenues, une vanne unique couvrant toute la hauteur mais permettant néanmoins l'écoulement de surface pour les faibles débits et l'écoulement par lame de fond pour les crues.

Nous avons adapté ce système de vanne unique à la vanne segment, très prisée actuellement pour son faible encombrement et aussi sa parfaite intégration dans les sites touristiques.

5. REFERENCES

- DEHOUSSE, N.M. Les Barrages Mobiles - Université de Liège - L.H.C.H., 1984.
- DEHOUSSE, N.M. et VERBRUGGE, J.M. Au sujet du débit de la Meuse Liégeoise au droit des barrages mobiles (Revue universelle des mines, n° 7, 1967).

- RIGO Ph. (T.F.E. de). Avant-projet d'un barrage mobile muni de vannes segment, AILg 1981-82.
- KOLLBRUNNER et MILOSAVLJEVIC. Verschlussarten beim Stahlwasserbau. Mitteilungen über forschung und konstruktion im stahlbau (septembre 1967).

SUMMARY

WATER LEVEL REGULATION IN RIVERS BY NAVIGATION BARRAGES IN THE CASE OF SMALL HEADS

(Small head navigation barrages)

The navigation barrages are absolutely necessary for the good working of the inland waterways, which have to be open most of the time to the traffic of vessels.

Older navigation barrages with manual command systems (fig. 1) are composed of a great number of constituent elements, frames, needles, stop logs, shutters, . . . , the sizes of which are small in order to achieve an easy way of manoeuvring; this results in a loss of precision as far as the discharge regulation is concerned as well as an increase of danger for the staff.

Modern barrages with electro-mechanical devices are characterized by a small number of constituent elements (fig. 2), with good water-tightness, great safety and high operating speed.

Since many decades, it has been recognized that the waterlevel regulation in inland waterways can best be achieved by using a two-element gate navigation barrage (fig. 4). The increase in the length of the span has been made possible thanks to the building of a box-like structure (fig. 3).

The upper gate is actuated as often as necessary during the low discharge period of the year and both elements are manoeuvred when the discharge is important (fig. 5). This system works perfectly when the head versus span ratio is relatively large. But for low head installations (3 to 5 m), this ratio becomes small, due to the tendency to use large spans because of hydraulic conditions. To meet the stiffness requirement, we suggest to use a one-element system which can be lowered to allow the surface discharge and lifted to allow the bottom discharge (fig. 6). The principle of the segment gate is used (fig. 7).

The lower water-seals are defined in figure 8. The place of the fixing points of the jacks determines the forces to which they will be subjected.

Figures 9, 10 and 11 give an overview of the details of a single-piece segment gate, which is fitted with two water-tight caissons, thus reducing the stress applied to the jacks.

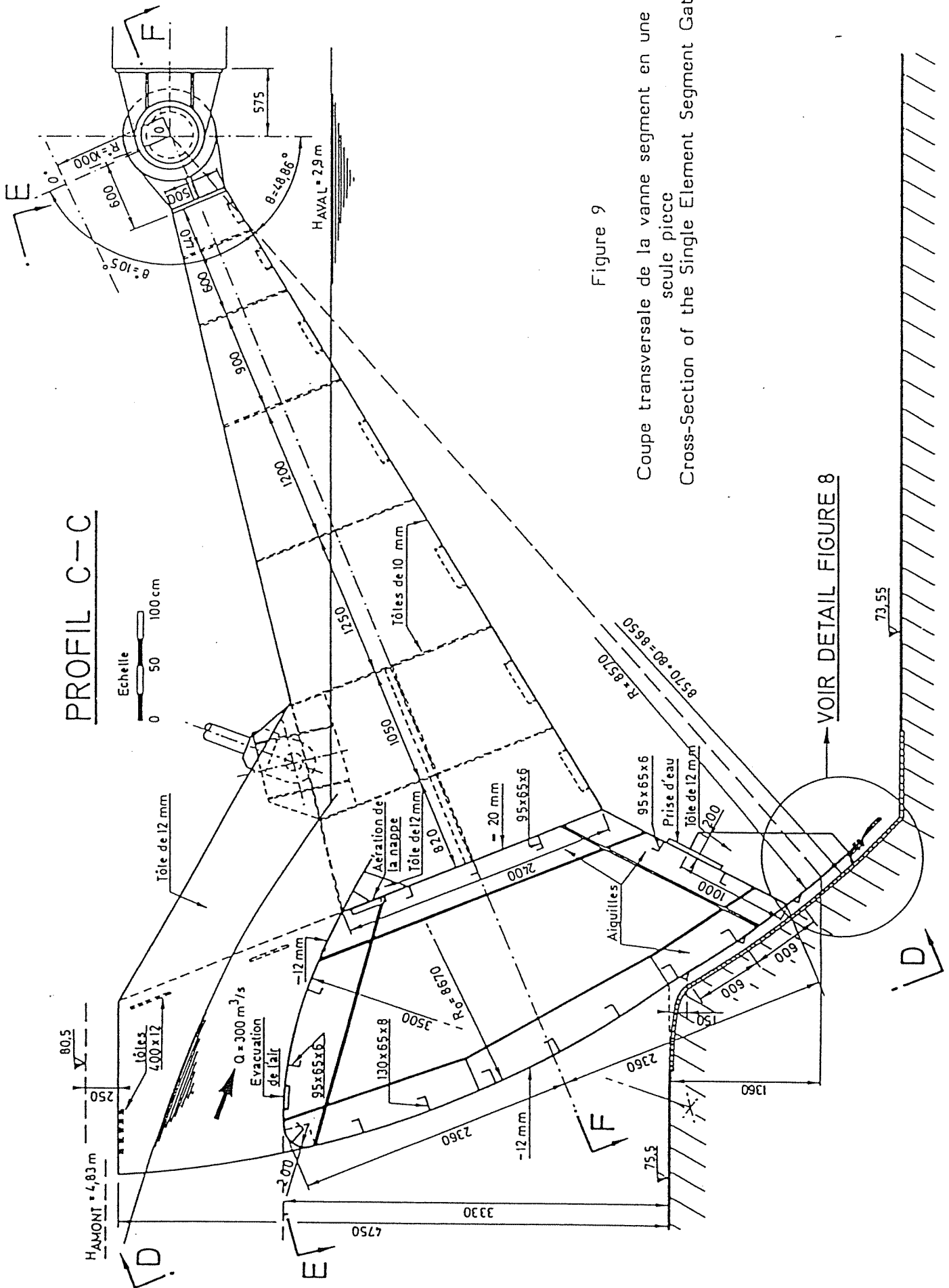


Figure 9

Coupe transversale de la vanne segment en une seule pièce
 Cross-Section of the Single Element Segment Gate

Figure 10 - Vue en élévation de la vanne segment en une seule pièce
 Front View of the Single Element Segment Gate

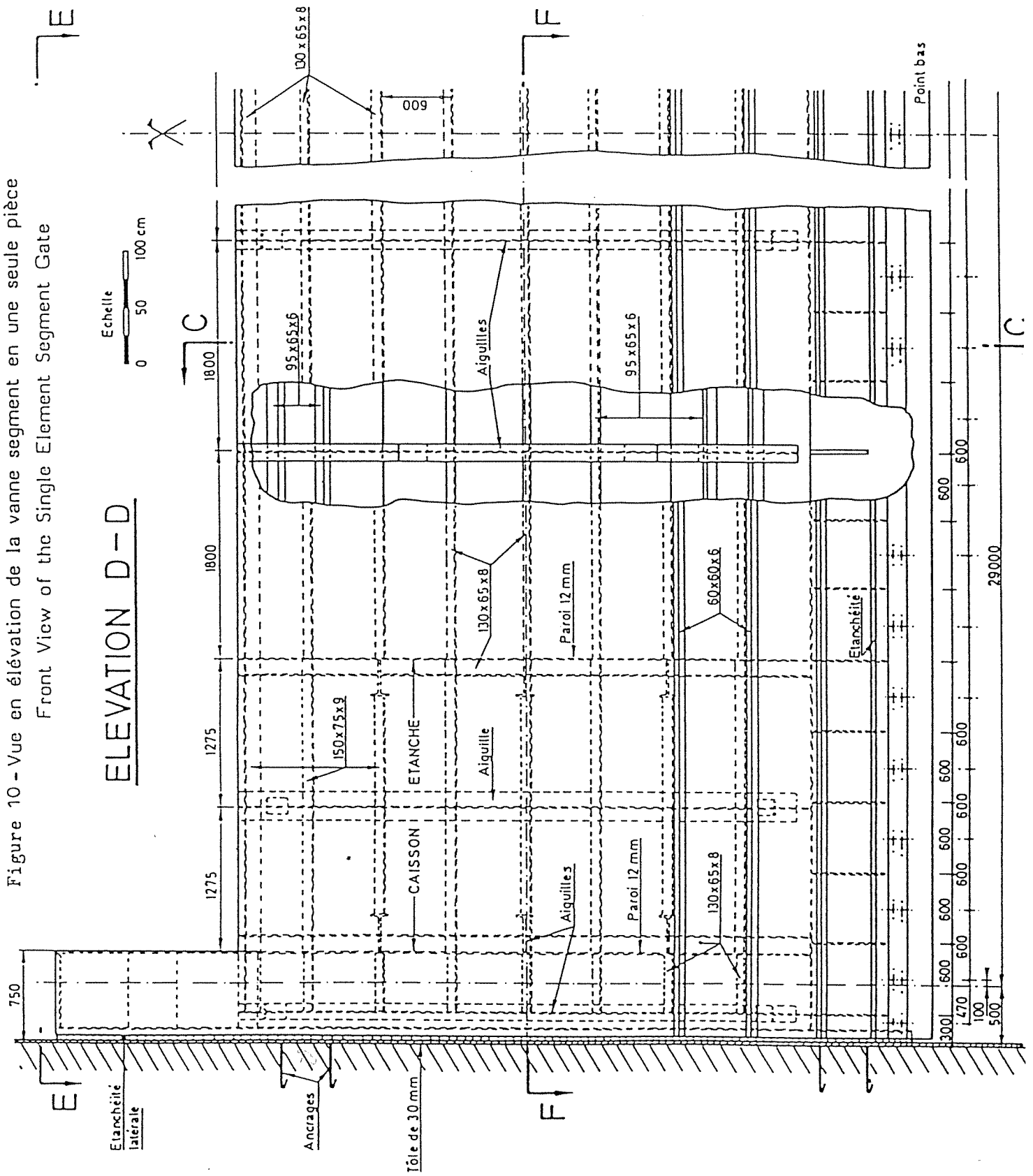


Figure 11

Coupes longitudinales de la vanne segment en une seule pièce
 Longitudinal Sections of the Single Element Segment Gate

