

Higher National School of Hydraulic

The Library

Digital Repository of ENSH



المدرسة الوطنية العليا للري

المكتبة

المستودع الرقمي للمدرسة العليا للري



The title (العنوان):

**Les ouvrages annexes de barrage, extrait du cours d'ouvrages hydrotechniques .**

The paper document Shelf mark (الشفرة) : P 627.9 HAS

APA Citation ( APA توثيق ):

Hassane, Mohammed. (2006). Les ouvrages annexes de barrage, extrait du cours d'ouvrages hydrotechniques [polycopie pédagogique]. ENSH.

The digital repository of the Higher National School for Hydraulics "Digital Repository of ENSH" is a platform for valuing the scientific production of the school's teachers and researchers.

Digital Repository of ENSH aims to limit scientific production, whether published or unpublished (theses, pedagogical publications, periodical articles, books...) and broadcasting it online.

Digital Repository of ENSH is built on the open DSpace software platform and is managed by the Library of the National Higher School for Hydraulics. <http://dspace.ensh.dz/jspui/>

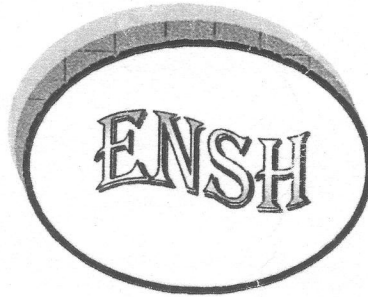
المستودع الرقمي للمدرسة الوطنية العليا للري هو منصة خاصة بتقييم لإنتاج العلمي لأساتذة وباحثي المدرسة

يهدف المستودع الرقمي للمدرسة إلى حصر الإنتاج العلمي سواء كان منشورا أو غير منشور (طروحات مطبوعات بيداغوجية، مقالات الدوريات، كتب...) بثه على الخط.

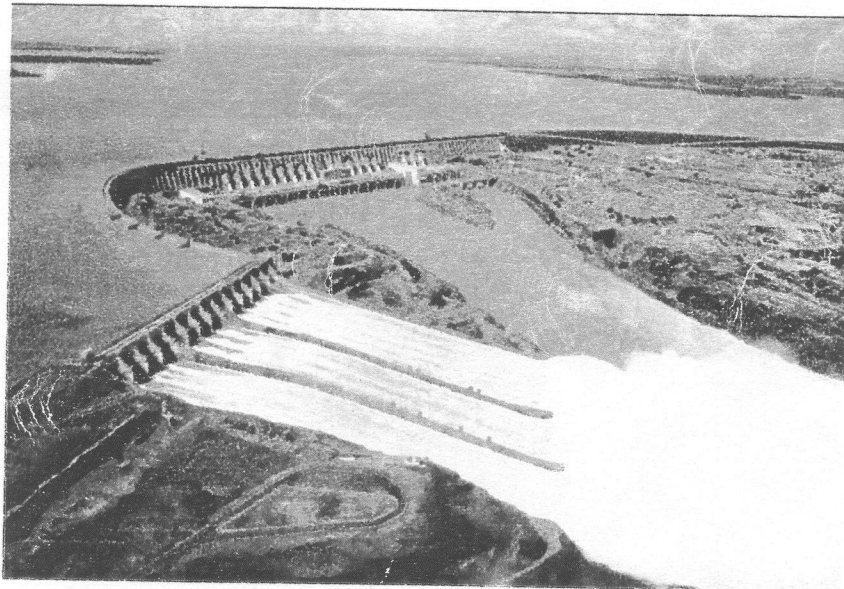
المستودع الرقمي للمدرسة مبني على المنصة المفتوحة DSpace و يتم إدارته من طرف مديرية المكتبة للمدرسة العليا .

كل الحقوق محفوظة للمدرسة الوطنية العليا للري.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE  
Laboratoire d'hydraulique



# LES OUVRAGES ANNEXES DE BARRAGE



(EXTRAIT DU COURS D'OUVRAGES  
HYDROTECHNIQUES)

Par  
Mohammed HASSANE

[Blida 2006]



## SOMMAIRE

	Page
INTRODUCTION.....	2
I- CLASSIFICATION DES OUVRAGES ANNEXES.....	2
II-DEBITS DE CALCUL DES OUVRAGES ANNEXES.....	6
III-EVACUATEURS DE CRUES.....	8
III-1-Evacuateur des crues latéral de surface découvert.....	10
III-1-1-Evacuateur des crues latéral de surface à entonnement frontal .....	10
III-1-2-Evacuateur en marches d'escalier.....	14
III-1-3-Evacuateur à entonnement latéral.....	15
III-2-Evacuateur latéral couvert.....	17
III-2-1-Evacuateur tubulaire avec tour de prise.....	17
III-2-2-Evacuateur tubulaire avec auge de réception.....	18
III-2-3-Evacuateur à siphon.....	19
III-2-4-Evacuateur à galerie.....	22
III-2-5-Evacuation de la crue par des évacuateurs principaux et de secours.....	30
IV-OUVRAGES DE PRISE D'EAU ET DE VIDANGE.....	31
IV-1-Ouvrages tubulaires de prise et de vidange.....	33
IV-2-Ouvrages de prise et de vidange à galerie.....	41
BIBLIOGRAPHIE.....	42

## INTRODUCTION

Les barrages réservoirs sont généralement équipés d'ouvrages annexes destinés à l'exploitation de la retenue et assurer la sécurité du barrage. Les ouvrages annexes sont des ouvrages hydrauliques qui font transiter l'eau du bief amont vers le bief aval, à travers des orifices spéciaux, des déversoirs, des canaux, des conduites, des galeries et autres ouvrages, en utilisant pour ce but, la charge hydraulique effective disponible (dans les limites d'un court tronçon du lit naturel ou artificiel).

Les dimensions en plan et en élévation, la conception ainsi que la composition des ouvrages annexes d'un barrage sont dictées par le débit de projet, la charge effective, le relief et la géologie du site, ainsi que les conditions de réalisation et d'exploitation.

### I- CLASSIFICATION DES OUVRAGES ANNEXES.

Les ouvrages annexes sont classés selon différents critères :

#### a) D'après la fonction de l'ouvrage, on distingue :

- **l'évacuateur des crues** dont la fonction est d'assurer la sécurité du barrage. Il sert à évacuer, en période de crue, l'eau excédentaire du réservoir, dans le bief aval ou dans le bassin versant voisin et ce afin d'éviter la submersion de la crête du barrage. Les évacuateurs des crues peuvent être disposés dans la partie centrale du barrage (barrage déversoir), sur les rives (évacuateur latéral) ou combinés à d'autres ouvrages d'exploitation de la retenue. Dans le barrage déversoir, les débits sont évacués soit par-dessus le barrage, soit à travers des orifices spéciaux. L'évacuateur latéral peut être projeté aussi bien dans le cas du barrage en remblai (fig.2) que dans le cas du barrage en béton. Un barrage peut posséder plusieurs évacuateurs des crues de différents types (fig.3), incluant aussi des évacuateurs de secours utilisés pour évacuer des débits exceptionnels de faibles fréquences (exemple évacuateur à digue fusible).
  - **La prise d'eau** dont la fonction est d'assurer le débit de pointe de la demande entre le niveau normal de retenue (NNR) et le niveau des plus basses eaux (PBE), tout en permettant le prélèvement d'une eau de qualité compatible avec sa destination. L'ouvrage de prise d'eau fait transiter l'eau de consommation dans le bief aval ou dans un canal (conduite) disposé à l'aval sur l'une des rives de la vallée, destiné à l'irrigation, à l'alimentation en eau potable etc. Le barrage peut posséder un ou plusieurs ouvrages de prise d'eau. Dans des cas particuliers, le barrage peut ne pas contenir d'ouvrage de prise d'eau, quand la restitution des débits de consommation se fait par pompage.
  - **La vidange de fond** destinée à assurer la vidange totale ou partielle du réservoir en quelques jours, en cas d'avarie grave constatée sur les ouvrages ou pour l'entretien de la retenue (curage éventuel des dépôts solides) et des parties amont du barrage (prise, vidange, parement amont du barrage). L'entonnement de l'ouvrage doit être disposé, autant que faire se peut, plus bas pour assurer le rabattement du volume de retenue. Cet ouvrage est également utilisé pour assurer les débits utiles de consommation et la dérivation des eaux durant la période de construction des retenues collinaires et des petits barrages.
- Les ouvrages de prise d'eau et de vidange sont souvent regroupés et combinés à d'autres installations.

Durant la période de construction du barrage, il y a nécessité d'évacuer des débits importants de crue de chantier. Pour cela on construit des ouvrages provisoires d'évacuation, appelés ouvrages de dérivation. Il est plus rationnel de combiner ces ouvrages provisoires à d'autres ouvrages annexes permanents d'exploitation.

**b) Suivant la disposition par rapport au lit de la rivière :**

Les ouvrages annexes peuvent être placés dans le lit mineur ou majeur ou bien sur les rives de la vallée.

**c) Selon les particularités constructives de la section transversale, on distingue :**

- Les ouvrages découverts,
- Les ouvrages couverts,
- Les ouvrages combinés, avec un tronçon découvert et l'autre couvert.

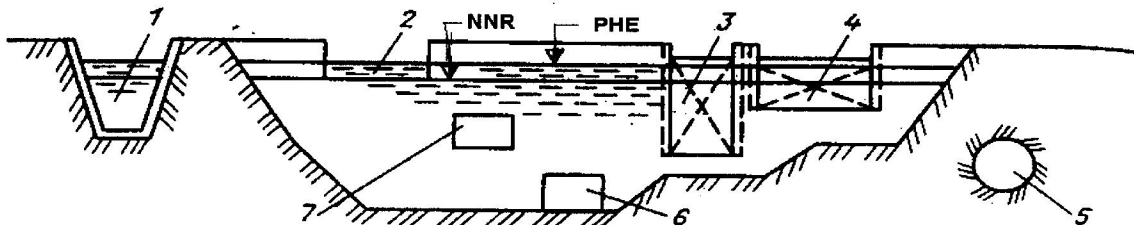
**d) En présence ou non de vannes de commande, on distingue :**

- Les ouvrages commandés (équipés de vanne de commande)
- Les ouvrages non commandés (non équipés de vanne de commande). Ces derniers commencent à fonctionner automatiquement dès que le niveau d'eau dépasse la cote de la crête déversante ou de l'orifice d'entonnement.

**e) D'après la grandeur de la charge statique effective maximale, on distingue :**

- Les ouvrages de faible charge ( $H < 12$ ),
- Les ouvrages de charge moyenne ( $H = 12 \div 80$  m),
- Les ouvrages de grande charge ( $H > 80$  m),

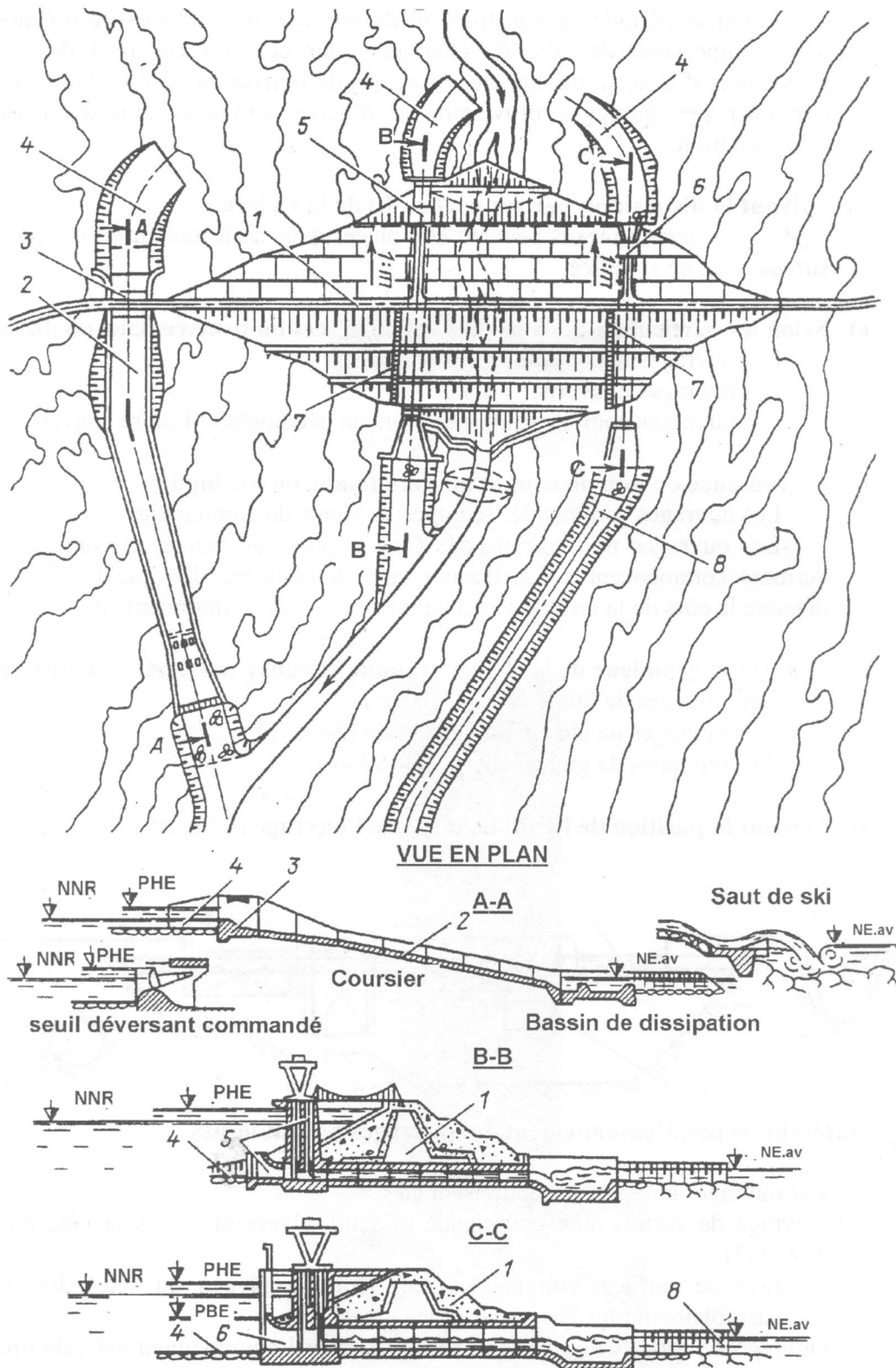
**f) Suivant la position de l'entonnement de l'ouvrage (v.fig.1):**



**Fig.1 : Différents types d'entonnement des ouvrages hydrauliques**

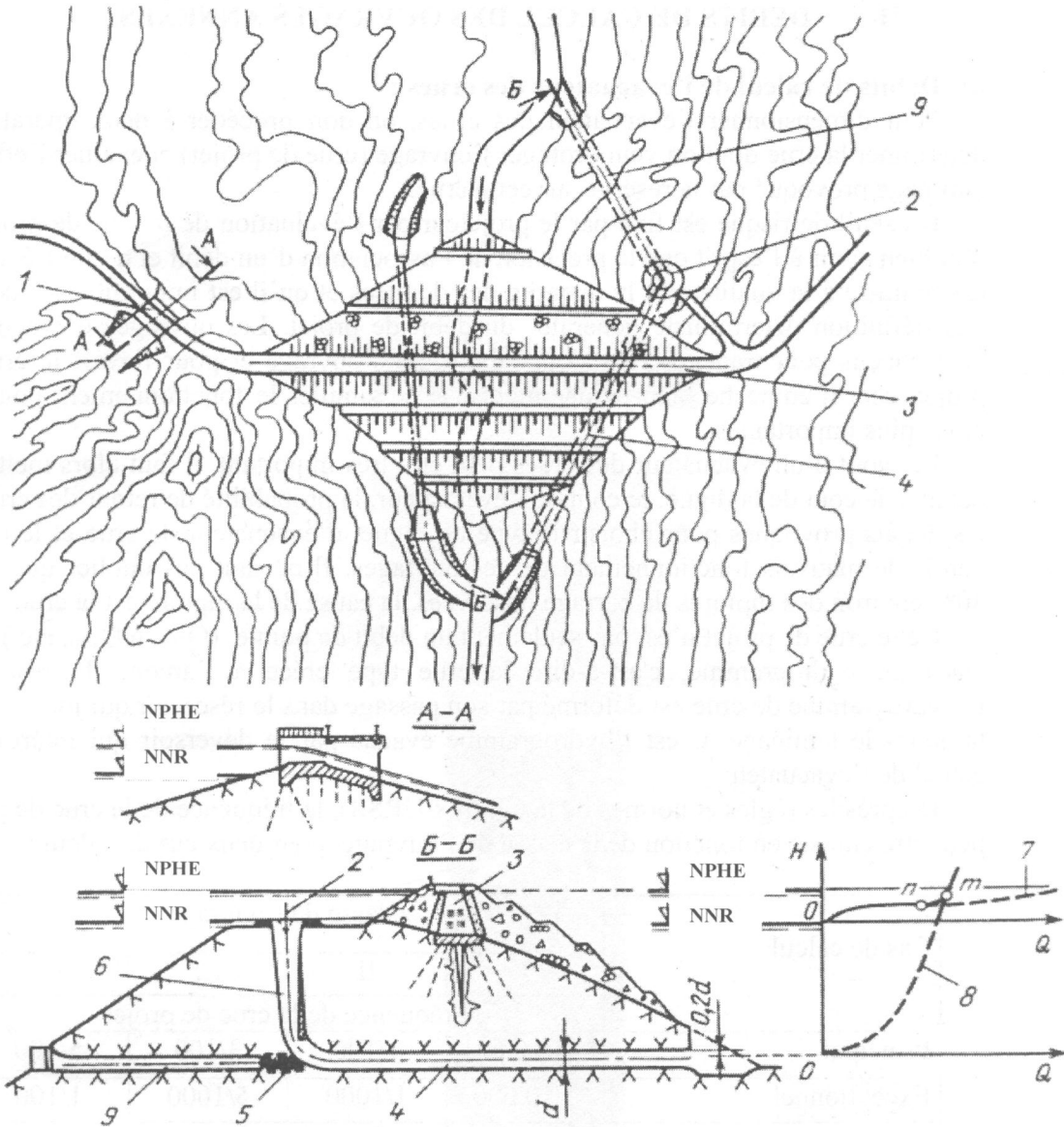
Les ouvrages annexes se subdivisent en :

- Ouvrage de surface non commandé (à seuil déversant calé à la cote du niveau NNR) (2),
- Ouvrage de surface, commandé (3,4), dont le niveau du seuil déversant est considérablement plus bas que le niveau NNR,
- Ouvrage de fond (6) et de demi-fond (7), dont l'entonnement est calé près de la fondation ou du fond de la retenue. Les dimensions principales de l'entonnement sont : sa largeur et sa hauteur. On entend par largeur, la distance intérieure entre les faces latérales verticales (piles, culée) limitant les pertuis d'entonnement. La hauteur, dans le cas de pertuis de surface, est la distance verticale entre le niveau du seuil déversant et le sommet de la vanne. Pour les pertuis de fond, c'est la distance verticale entre le radier et le toit de l'orifice.



**Fig.2 :** Aménagement de barrage en remblai :

1-Digue en remblai ; 2- Evacuateur latéral découvert ; 3- Seuil déversant ; 4- Canal d'amenée ; 5- Ouvrage de prise d'eau ; 6- Ouvrage de vidange ; 7- Escalier sur le parement aval ; 8- Canal magistral du système d'irrigation.



**Fig.3 :** Composition d'un aménagement de barrage avec évacuateur couvert en puits et évacuateur découvert de secours :

- 1-Evacuateur découvert de secours ; 2- Evacuateur couvert en puits ; 3- Digue ; 4- Galerie d'évacuation ; 5- Bouchon en béton; 6- Puits ; 7- Courbe de débit  $Q=2\pi Rm\sqrt{2gH_0^{3/2}}$  ;  
8- Courbe de débit  $Q=\mu S_{sortie}\sqrt{2gZ}$  ; 9- Galerie d'évacuation des débits maximaux de chantier.



## II- DEBITS DE CALCUL DES OUVRAGES ANNEXES.

### a) Débits de calcul de l'évacuateur des crues :

Pour dimensionner l'évacuateur des crues, on doit procéder à deux opérations : déterminer la crue dont on veut protéger l'ouvrage (crue de projet) et évaluer l'effet de laminage provoqué par la réserve sur cette crue.

Un seuil de risque est fixé par le projeteur par l'évaluation de la crue de projet. Il faut bien avoir à l'esprit que la précision de l'association d'un débit et d'une fréquence est soumise à la qualité et à la quantité des données et qu'il est impossible de donner une définition déterministe générale du débit de projet. Les ouvrages d'évacuation sont conçus pour transiter sans dommage (pour l'ouvrage et pour l'aval) la crue de projet, ceci n'empêche bien évidemment pas de simuler le fonctionnement pour des crues plus importantes.

Le coût d'un évacuateur des crues peut être très important, il faut alors mettre en balance le coût de la digue, le coût de l'évacuateur, la probabilité de retour des crues et les dégâts provoqués pour choisir le type de digue, d'évacuateur de crue et le risque admis de mauvais fonctionnement de ces ouvrages. Il ne faut pas oublier que, pour 30% environ des ruptures de barrage observées, la cause de la rupture est la crue.

Cette crue de projet n'est pas seulement un débit de pointe ( $Q_{10}$  ou  $Q_{100}$ , etc.) mais aussi un hydrogramme, c'est-à-dire la crue type créée à l'amont du réservoir. L'hydrogramme de crue est déformé par son passage dans le réservoir qui joue un rôle tampon- le laminage. C'est l'hydrogramme évacué par le déversoir qui intéresse le calcul de l'évacuateur.

D'après les règles et normes de la CEI (ex URSS), la fréquence de la crue de projet peut être choisie en fonction de la classe de l'ouvrage, pour deux cas de calcul :

Cas de calcul	Classe de l'ouvrage			
	I	II	III	IV
	Fréquence de la crue de projet			
Principal	1/1000	1/100	3/100	5/100
Exceptionnel	1/10 000	1/1000	5/1000	1/100

Pour l'évacuation de la crue dans des conditions exceptionnelles d'exploitation (cas exceptionnel), on admet des érosions importantes à l'aval et des abrasions considérables du revêtement de l'ouvrage. Si, en plus de l'évacuateur principal, on prévoit un ouvrage supplémentaire d'évacuation de secours, le premier sera dimensionné en fonction de la crue de fréquence correspondante au cas de calcul principal, tandis que le calcul du second sera effectué en partant de la condition que, la crue exceptionnelle transitera par les deux ouvrages fonctionnant simultanément sous le niveau amont de la retenue, admissible dans les conditions exceptionnelles. Par ailleurs, il faudrait tenir compte des débits qui pourraient être transités par d'autres ouvrages d'exploitation (vidange, centrale hydraulique, écluse de navigation etc.)

Parfois pour des capacités importantes d'accumulation du réservoir de retenue, la crue peut être complètement amortie par la réserve de stockage, dans ce cas il n'est pas nécessaire de projeter d'ouvrage d'évacuation de crue.

### b) Débits de calcul de l'ouvrage de dérivation:

Les ouvrages provisoires de dérivation de la crue durant la période de construction sont dimensionnés pour transiter la crue de fréquence 5%, tandis que les ouvrages de

dérivation appartenant aux barrages de classe III sont calculés pour une crue de fréquence 3%. Dans des cas isolés, il s'avère plus commode d'admettre une submersion temporaire de la fouille d'assèchement de l'assise du barrage en période de construction et prendre un débit de calcul à forte probabilité de dépassement pour le dimensionnement de l'ouvrage de dérivation.

**c) Débits de calcul de l'ouvrage de prise d'eau:**

Le débit de calcul de l'ouvrage de prise d'eau est déterminé par le calcul de régularisation des débits, effectué en tenant compte des courbes de consommation. On peut également envisager l'utilisation de cet ouvrage pour l'évacuation de la crue de chantier.

**d) Débits de calcul de l'ouvrage de vidange:**

Le débit de calcul de l'ouvrage de vidange est déterminé en fonction du temps donné de rabattement d'une partie du volume utile de la retenue et aussi de la possibilité d'utilisation de l'ouvrage pour l'évacuation des débits de chantier et sanitaire.

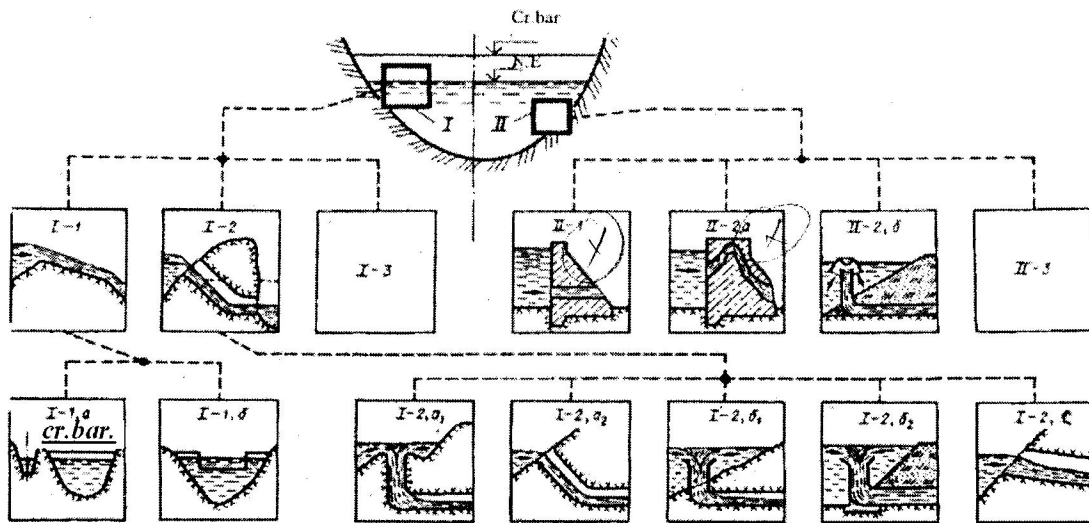
Lors de la fixation des dimensions des pertuis des ouvrages de prise d'eau et de vidange, il est indispensable de tenir compte de la possibilité de leur utilisation pour le rabattement du volume de la retenue dans le but d'une plus grande transformation des crues (plus grand effet de laminage).

**e) Débits sanitaires :**

Durant la construction du barrage, il peut ne pas y avoir de rejet d'eau en aval. Dans ce cas le lit de rivière en aval s'assèche. Cette situation est en règle générale à proscrire et ce pour des considérations sanitaires et économiques. A cet effet, les ouvrages annexes doivent être calculés de manière à assurer, durant toute la période de construction et durant l'exploitation du barrage, le transit en aval d'un débit d'eau appelé « débit sanitaire » et fixé en fonction des conditions locales.

### III- EVACUATEURS DES CRUES

#### Principaux types d'évacuateurs des crues.



**Fig.4:** Schéma des différents types d'ouvrages d'évacuateur des crues

On distingue deux principaux types d'évacuateur des crues (cf. figure N°4) :

- 1) Evacuateur de **type I**, possédant un entonnement superficiel ;
  - 2) Evacuateur de **type II**, possédant un entonnement de fond ou de demi fond.
- Chacun de ces ouvrages est à son tour classé selon les indices indiqués sur la figure N°4.

#### 1. Les évacuateurs de surface (type I), se subdivisent en types suivants :

**I-1 évacuateur découvert**, sur toute la longueur duquel, l'ouvrage est découvert et l'écoulement est à surface libre ;

On distingue :

- **I-1,a évacuateur latéral** (à entonnement superficiel, frontal ou latéral), disposé latéralement à la digue ;
- **I-1,b évacuateur central découvert**, à entonnement superficiel,

A leur tour, les évacuateurs couverts se subdivisent en types suivants :

- **I-2,a<sub>1</sub> évacuateurs couverts en puits vertical**, ou tout simplement évacuateur en puits (à galerie d'évacuation) ;
- **I-2,a<sub>2</sub> évacuateurs couverts en puits incliné**(à galerie d'évacuation) ;
- **I-2,b<sub>1</sub> évacuateurs couverts à tour de prise** (à galerie d'évacuation) ;
- **I-2,b<sub>2</sub> évacuateurs couverts à tour de prise** (à conduite d'évacuation posée dans une tranchée ouverte avant la réalisation de la digue) ;

**I-2c, évacuateur couvert en galerie.**

**I-2 évacuateur couvert**, à entonnement superficiel, sur toute la longueur duquel ou uniquement sur le tronçon initial de l'ouvrage, l'ouvrage est couvert (galerie ou conduite) et l'écoulement est à surface libre ;

**I-3 évacuateur de surface de type combiné**, découvert sur un tronçon et couvert sur l'autre (avec écoulement en charge ou à surface libre).

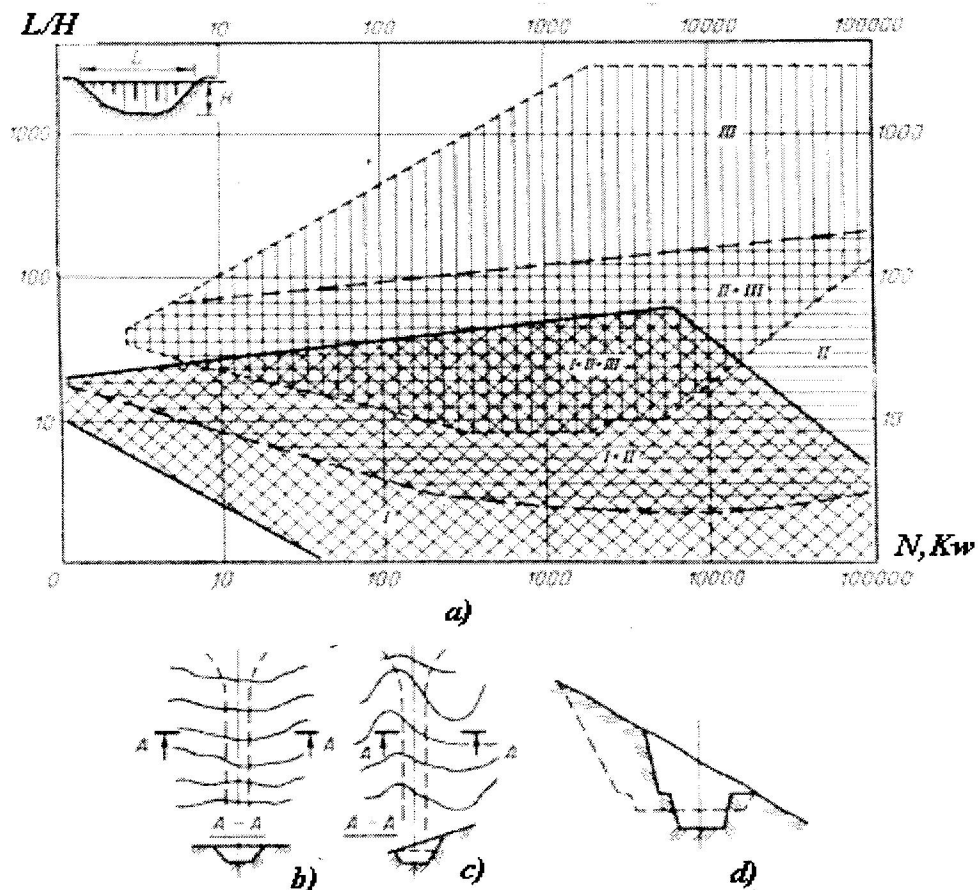
#### 2. Les évacuateurs de fond (type II), se subdivisent en types suivants :

- **II-1 évacuateur habituel**, incorporé dans le corps du barrage en béton ;
- **II-2,a évacuateur siphon**, incorporé dans le corps du barrage en béton ;

- II-2,b évacuateur siphon à tour ;
  - II-3 évacuateur vidange, combiné à la vidange de fond. Il est généralement disposé en rive, dans ou à la surface de la fondation sous le corps du barrage
- En ce qui concerne les évacuateurs découverts installés sur le corps du barrage (I-1,b), ce sont des déversoirs habituels, construits dans la partie centrale du barrage fixe. Ce type d'ouvrage ne doit pas reposer sur du remblai.

**Remarque :** La méthode de V.M.Semenkov consiste à choisir le type d'évacuateur des crues de barrage fixe dans un intervalle d'utilisation préférentielle défini en fonction de la puissance du débit à évacuer  $N=0,0098QZ$  (en kilowatt) et de la largeur relative  $\frac{L}{H}$  de la vallée au droit de l'axe du barrage (cf.figure N°5).

L et H étant respectivement, la longueur en crête et la hauteur du barrage ; Q (en m<sup>3</sup>/s)- le débit de calcul de l'évacuateur des crues et Z la chute correspondante à ce débit Q (différence des niveaux des plans d'eau amont et aval). Le plus utilisé en pratique est l'évacuateur de surface. Dans les vallées étroites et pour des puissances relativement faibles du débit à évacuer, on utilise l'évacuateur central. Pour les fortes puissances, l'évacuateur le plus utilisé est l'évacuateur latéral. Les évacuateurs en puits sont utilisés en général dans les vallées relativement étroites et le plus souvent, en combinaison avec d'autres types d'évacuateur : central et latéral.



**Fig.5 :** Nomogramme de choix du type et variantes de tracé de l'axe de l'évacuateur des crues de barrage fixe en remblai :

a)-Intervalle de choix de différents types d'évacuateur de crue selon V.M. Semenkov ; b) à d)- Variantes de tracé de l'axe de l'évacuateur de crue latéral ; I- E.C en galerie (tunnel) ; II- E.C latéral (de surface ou de fond) ; III- E.C central (de surface ou de fond)

### III-1- Evacuateur des crues latéral de surface découvert:

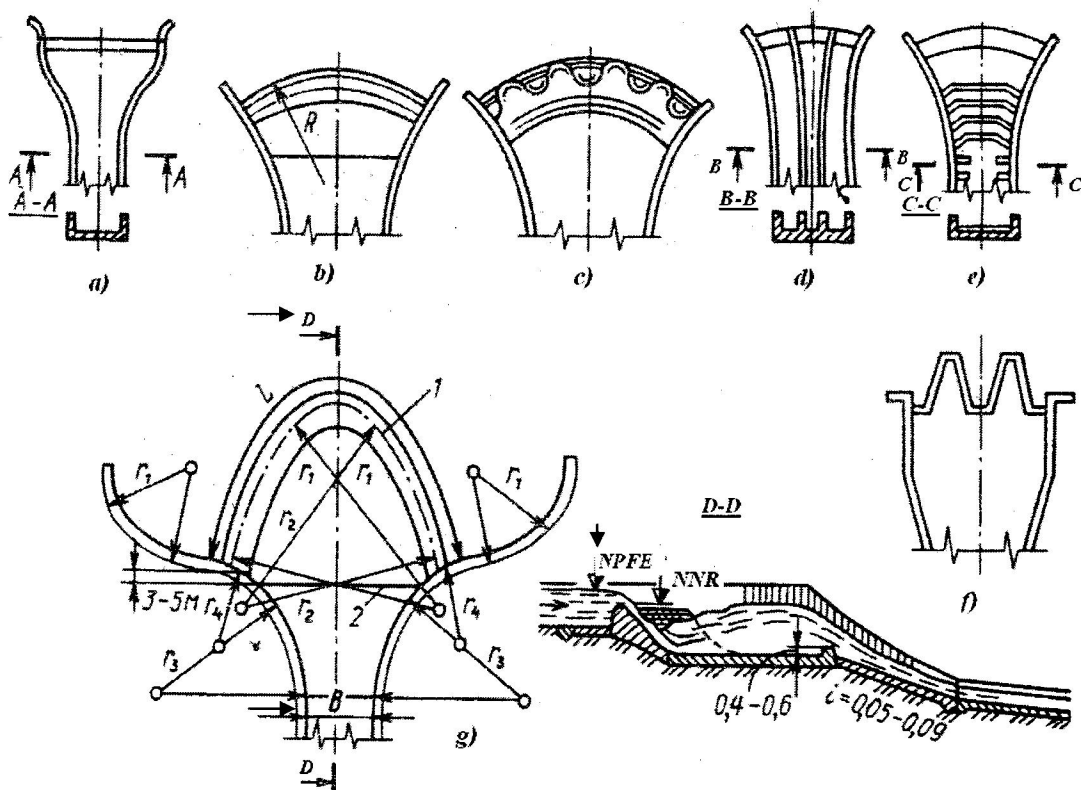
Ce type d'ouvrage est généralement disposé sur l'une des rives de la vallée. Si la projection d'un seuil déversoir à grande capacité de débit exige des grands travaux de terrassement ou présente des conditions topographiques, géologiques ou hydrauliques défavorables, il est alors préférable de répartir le débit à évacuer entre deux ou plusieurs évacuateurs de crue qui peuvent être disposés sur les deux rives de la vallée.

L'axe de l'évacuateur latéral doit, de préférence, suivre un tracé perpendiculaire aux courbes de niveau du versant, sachant que dans ce cas, le volume des terrassements sera minimal (fig.5, b et c). Dans le cas de versant abrupte (fig.5, d), il est plus judicieux de fixer, selon les possibilités, une largeur minimale de l'ouvrage intermédiaire (coursier canal ou en gradins).

A cet effet, les coursiers sont souvent construits en convergent, ce qui est également avantageux sur le plan de la prévention de la propagation des vagues roulantes. Le seuil de contrôle de l'évacuateur de crue latéral peut être commandé (par une vanne) ou non commandé.

#### III-1-1- Evacuateur des crues latéral de surface à entonnement frontal avec coursier canal:

Lorsque les possibilités du niveau forcé du réservoir de retenue sont limitées, et dans le cas où les conditions topographiques du site ne permettent pas le développement rectiligne du front déversant sur une longueur suffisante, on donne au seuil déversoir de l'évacuateur de surface, une forme curviligne ou polygonale (en labyrinthe) dans le plan (Fig.6). Le déversoir de type mexicain (fig.6,g) appartient à cette catégorie.



**Fig.6 :** Différentes formes en plan du seuil déversoir de l'évacuateur de surface  
a)-convergent avec seuil déversoir rectiligne ; b)-convergent profilé avec seuil curviligne ; c)-convergent profilé avec seuil curviligne non déprimé surmonté de paroi mince en zigzag ; d)-ouvrage à écoulement en veines séparées ; e)-ouvrage à rugosité artificielle ; f)-seuil déversoir polygonal (en labyrinthe) ; g)-déversoir type mexicain



Ces constructions ont été spécialement conçues dans le but d'obtenir un seuil déversoir compact non commandé. Il est à noter que l'utilisation du seuil commandé, qui, en règle générale, s'est avéré moins cher que le seuil non commandé, permet de s'en passer du développement linéaire du seuil déversant. Par ailleurs, la manœuvre des vannes dans ce cas doit s'effectuer tout en évitant l'exhaussement rapide du niveau d'eau aval, qui peut s'avérer dangereux. Dans les régions à forte sismicité, il y a lieu de tenir compte du coincement éventuel des vannes lors de secousse tellurique, ce qui peut entraîner la submersion de la crête du barrage fixe.

Souvent, des ondes stationnaires ou roulantes apparaissent dans les longs coursiers à forte pente. L'onde stationnaire forme un ressaut oblique que l'on appelle ressaut ondulé pour une profondeur relative  $\eta = \frac{h_2}{h_1} \leq 2$  ou ressaut ordinaire pour

$\eta > 2$

Les méthodes de calcul des paramètres du ressaut sont explicitées dans les parties correspondantes de l'hydraulique torrentielle.

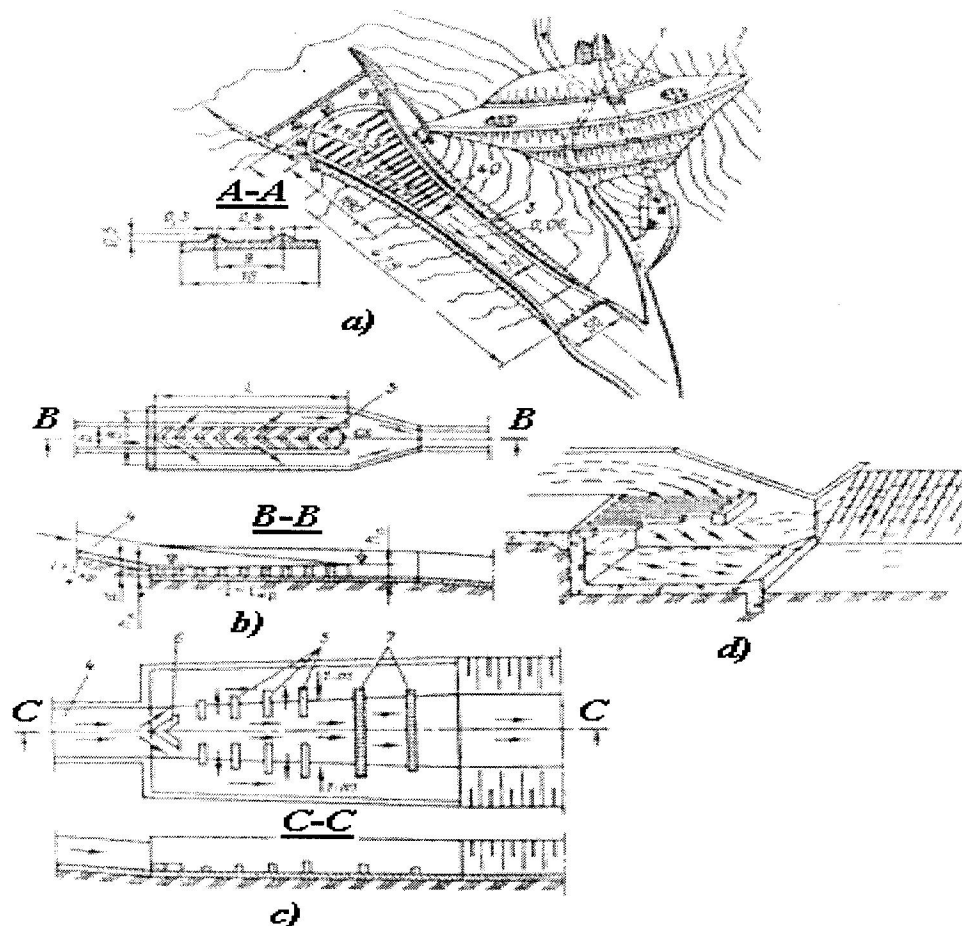
Les vagues roulantes apparaissent dans le coursier après le tronçon initial de l'écoulement non uniforme, sous forme de rides et petites ondes parasites qui se propagent et se rejoignent en fin de parcours de l'écoulement pour fusionner et augmenter d'amplitude. Dans les tronçons assez longs du coursier, toute la nappe d'écoulement comporte des vagues roulantes isolées. La hauteur de crête de ces vagues dépasse souvent la profondeur de calcul de l'écoulement stationnaire, ce qui diminue la capacité de débit de calcul de l'ouvrage. Ensuite, avec la formation de vagues roulantes, le fonctionnement de l'ouvrage terminal de restitution sera altéré, les ondes déferlent au dessus des murs bajoyers, entraînant ainsi des infiltrations, dont la conséquence est la ruine de l'ouvrage. Dans les conditions tout à fait difficiles, l'ouvrage terminal et le canal de fuite peuvent être détruits. Les vagues roulantes apparaissent le plus souvent dans les coursiers à section rectangulaire et trapézoïdale de forte pente ( $>0,02$ ) et à section transversale étendue. Elles se forment aussi bien dans une nappe aérée que dans une nappe non aérée. Du point de vue hydraulique, la cause principale de parution de vagues roulantes est la perte de stabilité de l'écoulement. Des méthodes spéciales de prédiction des vagues roulantes et de détermination de leurs paramètres ont été élaborées.

Pour lutter contre la propagation de vagues roulantes, on utilise différentes méthodes. Deux principales d'entre elles sont : la prévention du phénomène et l'élimination des vagues déjà apparues, à l'aide de dispositifs spéciaux dans le coursier ou dans l'ouvrage terminal. La première méthode est considérée au stade de l'étude de l'ouvrage, par contre la deuxième est utilisée aussi bien au stade de l'étude qu'après la construction de l'ouvrage.

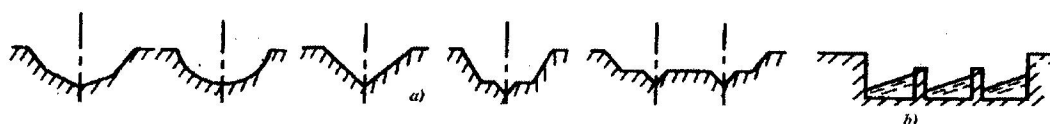
Afin de prévenir le phénomène de propagation des vagues roulantes, on projette : des coursiers convergents en plan, des rugosités artificielles, des coursiers à veines séparées (fig.6, d) ou des coursiers à profils transversaux sans vague.

L'élimination des vagues roulantes, déjà apparues dans le coursier peut être obtenue en utilisant par exemple des grilles en saut de ski et des dissipateurs d'énergie spéciaux dans l'ouvrage terminal ou dans le coursier (fig.7)

Si la prédiction confirme la naissance de vagues roulantes dans l'ouvrage intermédiaire pour un ou plusieurs débits de calcul, la prévention contre ce phénomène peut alors se faire en utilisant des profils transversaux de chenaux, de forme curviligne ou façonnée. Ces profils sont en pratique appelés « profils sans vagues » (fig.8).



**Fig.7 :** Dispositifs de lutte contre la formation des vagues dans les coursiers  
a)- évacuateur convergent du barrage Carlos Manuela (Cuba) ; b) et c)- dissipateurs d'énergie dans l'ouvrage terminal ; d)- grilles en saut de ski dans l'ouvrage terminal ; 1-ouvrage de vidange ; 2-barrage en remblai ; 3-évacuateur latéral ; 4-coursier ; 5-dissipateurs en zigzag ; 6-blocs dissipateurs diffuseurs ; 7-grille



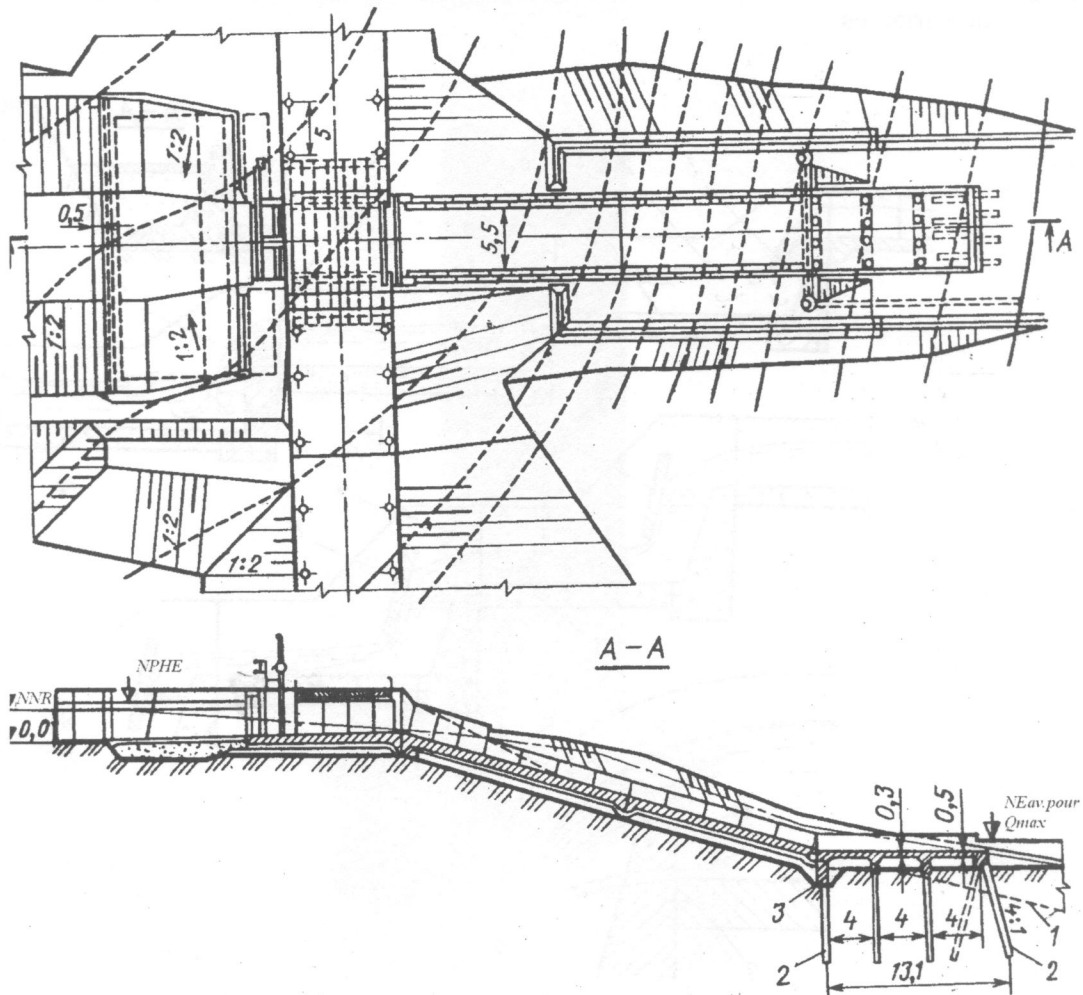
**Fig.8 :** Profils transversaux du coursier sans vagues et virages

a) variantes de sections sans vagues du coursier ; b) section de coursier à veines séparées dans un virage

Dans l'étude de l'ouvrage intermédiaire en coursier de l'évacuateur de crue latéral, il est indispensable de tenir compte de ce qui suit :

- La courbure en plan du courant liquide dans le coursier peut être réalisée aussi bien dans les tronçons à régime torrentiel que dans les tronçons à régime fluvial. La courbure du courant torrentiel se calcule par des méthodes spéciales de la théorie du régime torrentiel. Si le fond du coursier dans le tronçon à axe curviligne possède une pente transversale, la courbure est alors appelée virage. Le fond du virage dans la section transversale peut être plat ou curviligne. Si l'axe du virage est un arc de cercle de rayon R, l'angle d'inclinaison du fond du virage  $\alpha$  peut être déterminé par la formule :  $\text{tg}\alpha = \frac{v^2}{gR}$ . Dans les coursiers larges, il peut s'avérer

- nécessaire de diviser la section d'écoulement dans le virage en plusieurs compartiments à l'aide de parois de séparation (fig.8b) ;
- Dans les tronçons transitoires sur le tracé de l'évacuateur de crue, les murs bajoyers doivent être profilés progressivement pour éviter les déviations brusques pouvant être à l'origine de la formation d'ondes transversales ;
  - Selon les conditions de stabilité de la surface libre et d'absence d'ondes stationnaires ainsi que d'oscillation transversale de la lame d'eau, il est plus commode de concevoir des coursiers de section rectangulaire soit trapézoïdale, mais possédants des talus abrupts (1:0,5). Les sections à talus en pente plus douce ( $m > 0,5 \div 2,0$ ) sont plus rationnelles du point de vue réalisation et de l'économie des matériaux de construction pour certains sols, mais possèdent un inconvénient majeur du point de vue de la garantie du régime hydraulique favorable de fonctionnement de l'ouvrage intermédiaire de l'évacuateur de crue ;
  - Pour une probabilité de passage d'ondes de l'amont dans l'ouvrage intermédiaire de l'évacuateur de crue, il est indispensable d'effectuer en conséquence le calcul des dalles de l'évacuateur de crue et du revêtement de l'ouvrage terminal ;
  - Les dalles en béton du radier et les murs bajoyers, formant le lit du coursier sont coupés par des joints de déformation (fig.9)

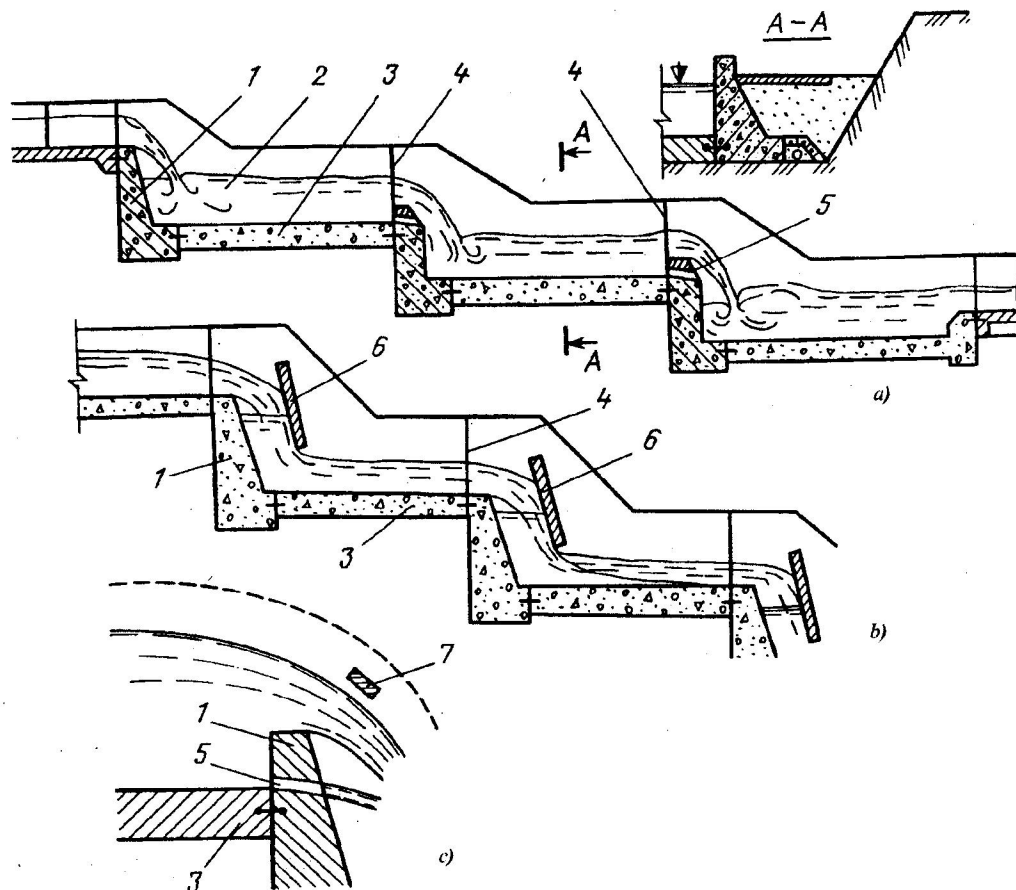


**Fig.9 :** Evacuateur des crues avec coursier canal ( $Q = 26 \text{ m}^3/\text{s}$ )  
1- ligne d'érosion ; 2- pieux en béton armé ; 3- drainage tubulaire

Pour atténuer, voir éliminer les pressions latérales et verticales agissantes respectivement, sur les murs bajoyers et les dalles de radier, il y a lieu de drainer les eaux de ruissellement et souterraines à l'aide de drains disposés sous le radier du coursier et dans le remblai des cavaliers. Si l'évacuateur est fondé sur un terrain gonflant, il faut prévoir des constructions spéciales, qui assurent la stabilité et la résistance de ses éléments (drainage supplémentaire, pieux de fondation, développement des éléments verticaux du contour souterrain)

### III-1-2- Evacuateur en marches d'escalier:

Pour une forte pente de l'évacuateur de crue, il est recommandé de construire l'ouvrage intermédiaire en marches d'escalier (fig.10), constitué d'une série de gradins à giron horizontal et à contre marche verticale ou inclinée. La longueur de chaque marche est fixée de telle sorte que, la nappe déversée par la marche immédiatement supérieure, dissipe une partie de son énergie dans l'épaisseur du courant ou dans le ressaut de fond et se transforme en écoulement tranquille vers la marche suivante. Par rapport au coursier, les vitesses d'écoulement sur les gradins sont relativement faibles et constituent en tout 2 à 3 m/s. Le nombre de marches et par conséquent la hauteur de chacune d'elles (3 à 5m), sont déterminés par comparaison technique et économique de variantes.



**Fig.10 :** Evacuateur en marches d'escalier :

- a) à contre marche verticale ; b) partiellement en charge ; c) à poutre de déviation de la lame déversante ; 1- mur bajoyer ; 2- contre marche ; 3- dalle de radier ; 4-joint de déformation ; 5- orifice de vidange ; 6-mur d'impact ; 7- poutre de déviation de la lame déversante

Les murs bajoyers et les parois de raccordement des marches en béton monolithique sont séparés des dalles horizontales de giron par des joints de déformation étanchés. Afin de réduire la pression sur les murs bajoyers, le sol dans le prisme de poussée, est disposé au dessous du sommet des murs, c.a.d le remblai n'atteint pas le haut des murs bajoyers, ce qui leur donne la forme d'un parapet. Dans la conception des gradins, il est indispensable de prévoir des dispositifs garantissant l'admission d'air sous la nappe libre déversante. Dans chaque contre marche déversante de gradin, il y a lieu de prévoir un orifice ( $0,1 \times 0,1 \text{ mm}^2$  à  $0,2 \times 0,2 \text{ mm}^2$ ) pour vidanger le bassin au moment de l'arrêt de fonctionnement de l'ouvrage.

Le calcul des marches s'effectue à l'aide de méthodes hydrauliques connues. Pour l'intensification de la dissipation de l'énergie, on donne parfois une contre pente aux marches ou bien on y installe un système de dissipateurs d'énergie. Un effet analogue peut être obtenu en utilisant des évacuateurs partiellement en charge et à poutre de déviation de lame déversante (fig.10, b et c).

Parmi les avantages de l'évacuateur de crue en marches d'escalier, on retient la possibilité de courbure plane des marches les unes par rapport aux autres, ce qui est particulièrement important pour le tracé de l'évacuateur dans le cas du versant abrupt.

Les inconvénients de l'évacuateur en marches d'escalier se résument comme suit:

- Les volumes de terrassement et de béton sont beaucoup plus importants que ceux du coursier canal;
- Par ailleurs, le coursier canal peut presque toujours être disposé plus haut ou quelque peu plus bas que la ligne phréatique dans les versants de la vallée, ce qui permet de le réaliser en structure relativement légère. Dans le cas de l'ouvrage en escalier, cette possibilité n'existe pas d'habitude : l'effet de sous pression due à l'infiltration exige une épaisseur considérable des dalles de marches et contre marches, et des murs de soutènement latéraux ;

Ces inconvénients rendent plus coûteux l'ouvrage en escalier par rapport au coursier canal. Dans plusieurs cas il est plus judicieux de projeter un ouvrage combiné : coursier canal sur un tronçon de l'évacuateur et ouvrage en escalier sur l'autre tronçon (à forte pente).

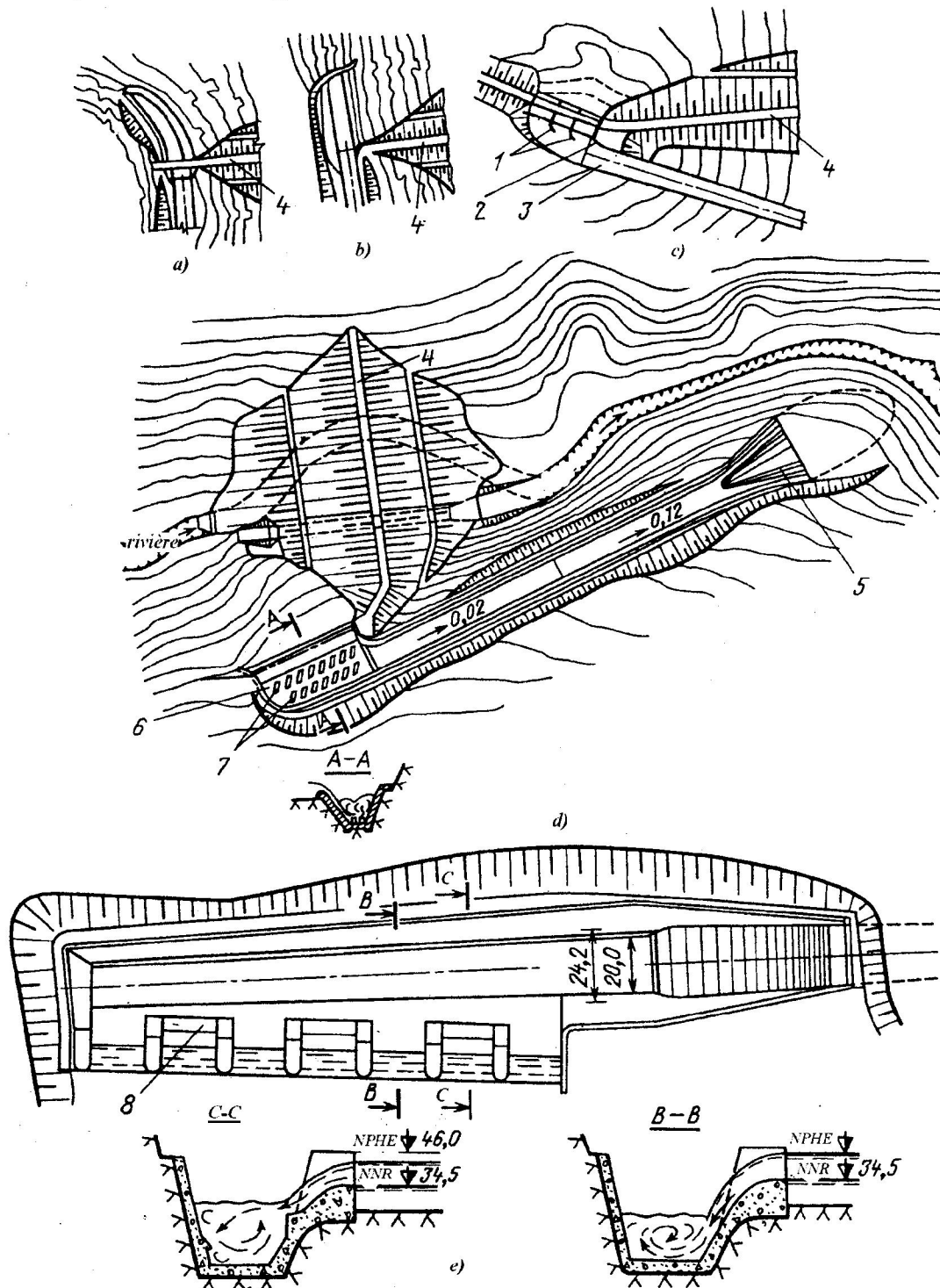
### **III-1-3- Evacuateur à entonnement latéral :**

C'est un ouvrage caractérisé par la disposition du front déversant de l'ouvrage de tête, parallèlement aux courbes de niveau du versant (fig.11). Dans certains cas particuliers, l'évacuateur à entonnement latéral peut avoir une orientation autre du seuil déversant de l'ouvrage de tête. Généralement on opte pour ce type d'évacuateurs, lorsque la vallée est étroite à versants abrupts, rocheux ou semi rocheux. L'ouvrage de tête peut être commandé ou non commandé ; le front déversant peut avoir une longueur considérable.

La dissipation intensive de l'énergie d'écoulement dans l'auge de réception (ou tranchée) est atteinte uniquement après élimination du mouvement hélicoïdal intensif du courant parallèlement au front du seuil déversant. Pour ce faire on utilise des piles de forme curviligne en plan, disposées sur la crête du seuil déversant (fig.11, c), des seuils obliques au fond de la tranchée de réception (fig.11, d), disposés entre travées de becs déflecteurs du déversoir, des courants de tourbillon déversés à travers les pertuis dans le sens opposé (fig.11, e) etc. L'établissement du régime hydraulique favorable dans la tranchée ou dans le coursier est pour beaucoup, favorisé par : le seuil et la paroi (coupée ou dentée) à la sortie de la tranchée ; la rugosité intensive au début du coursier ou les murs profilés à double courbure dans le tronçon transitoire.



Le revêtement en béton de la tranchée et du coursier dans les sols rocheux est réalisé avec armature ancrée dans la roche. L'élimination de la pression d'infiltration sur le revêtement, peut être obtenue dans ce cas, à l'aide de drainage possédant des orifices spéciaux de décharge sur les talus.



**Fig.11 :** Evacuateur des crues à entonnement latéral :

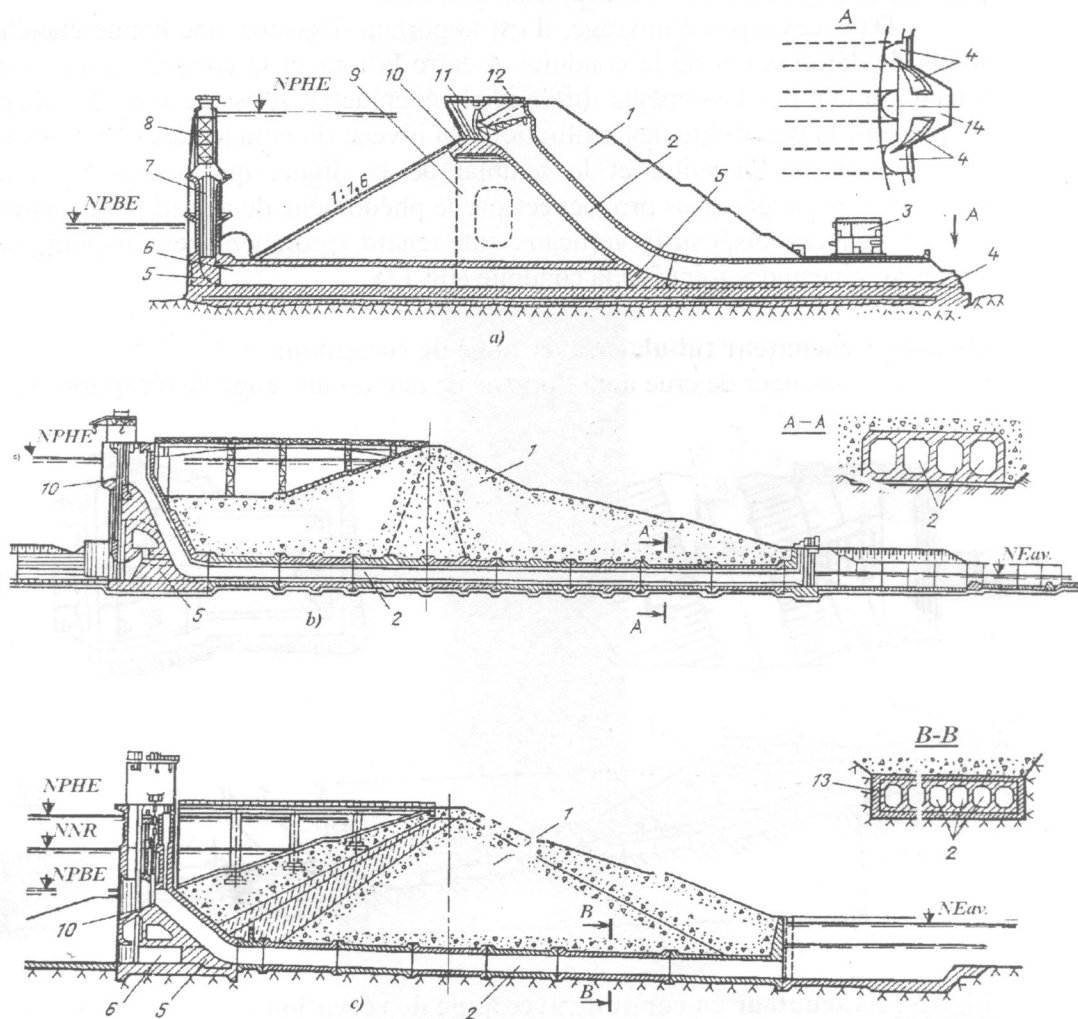
a) à c)- variantes de disposition de l'entonnement ; d)- évacuateur de crue du barrage de guis (Cuba) ; e)- évacuateur de crue du barrage de Bui (Ghana) ; 1- piles à poupe curviligne ; 2- paroi graduellement profilée ; 3- coursier ; 4- digue ; 5- saut de ski ; 6- évacuateur en tranchée ; 7- seuils de fond, oblique en plan ; 8- becs pour l'élimination du mouvement hélicoïdal dans la tranchée (disposés entre les passes du seuil déversant)

### III-2- Evacuateur latéral couvert:

L'évacuateur latéral couvert est largement utilisé dans les aménagements de moyenne et grande chute, construits dans des vallées rocheuses étroites. C'est un ouvrage qui s'adapte aussi bien pour le barrage en matériaux locaux que pour le barrage en béton. Les débits de chantier sont évacués par une canalisation (conduite ou galerie) souterraine. Par ailleurs, le coût de réalisation diminue suite à la substitution de l'évacuateur de surface, cher dans ces conditions, par un évacuateur couvert beaucoup moins cher.

#### III-2-1- Evacuateur tubulaire avec tour de prise :

Dans des cas isolés, les évacuateurs couverts, incorporés directement dans le corps des barrages fixes en matériaux locaux, sont des évacuateurs tubulaires avec tour de prise (fig.12).



**Figure N°12 : Evacuateurs tubulaires incorporés dans le corps de la digue avec tour de prise:**

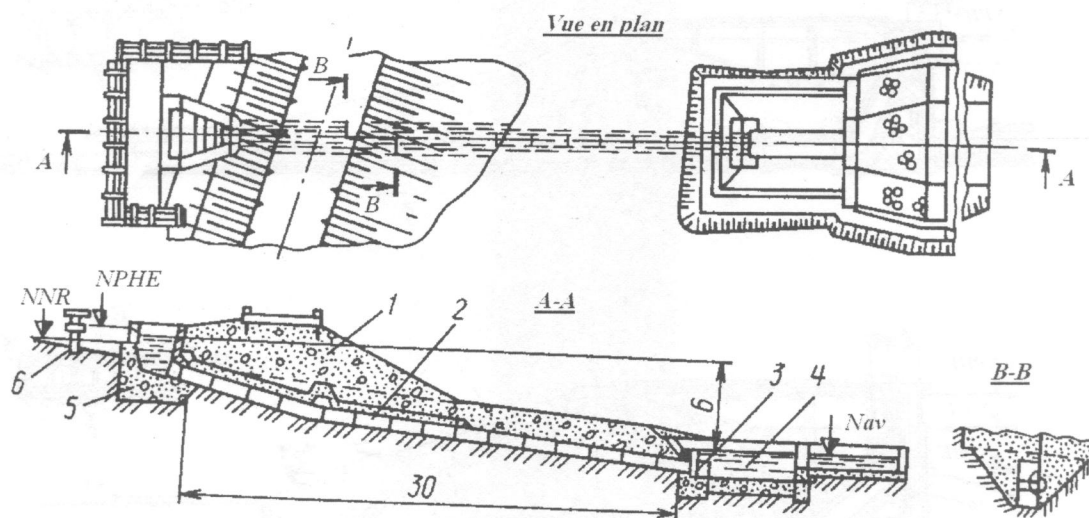
a), b)- Evacuateur à pertuis superficiels des barrages Ighil Emda (Algérie) et Minguetchaursk (ex URSS), respectivement. c) Evacuateur à pertuis de fond ; 1-digue en remblai ; 2-galerie d'évacuation ; 3-salle de commande des mécanismes ; 4-sauts de ski ; 5-bouchon en béton ; 6-ouvrage de dérivation des débits de chantier ; 7-puits de l'ouvrage de dérivation des débits de chantier ; 8-estacade de commande de l'ouvrage de dérivation ; 9-contreforts dans le corps de la digue supportant la galerie inclinée de l'évacuateur des crues ; 10-seuil déversoir d'entrée ; 11-piles ; 12-vanne ; 13-feuille d'acier inoxydable ; 14-dalle horizontale avec saut de ski

Dans le cas de faibles débits et charges, on utilise sur quelques mètres, des constructions simples de ces évacuateurs avec tour à section transversale constante, dans lesquelles on admet l'existence de régimes hydrauliques transitoires de fonctionnement (en général, défavorables et non recommandés). Les évacuateurs tubulaires avec tour de prise sont largement utilisés dans les aménagements hydrauliques à but agricole. Les évacuateurs représentés par les dessins b) et c) de la figure 12, servent à l'évacuation des grands débits sous des charges considérables. Ils ont été conçus pour un régime de fonctionnement à surface libre nettement exprimé. Dans leurs fondations gisent des terrains de faibles caractéristiques, hétérogènes, semi-rocheux et rocheux. L'organe terminal de l'évacuateur des crues, représenté par la figure 12 a, est réalisé avec saut de ski dont la construction et les dimensions sont fixées avec précision en modèle réduit. Les évacuateurs tubulaires avec tour de prise peuvent être également des évacuateurs à siphon.

Dans ces types d'ouvrage, il est important d'assurer une bonne étanchéité des joints de déformation de la conduite et entre la tour et la conduite d'évacuation (en tenant compte des tassements différentiels éventuels). Il est également indispensable de prévenir la possibilité des infiltrations au niveau du contact des conduites en béton avec le sol de fondation et le remblai de la digue, qui peuvent entraîner des déformations dangereuses provoquées par le phénomène de renard. Pour éviter cela, il faut prévoir des dispositifs verticaux anti renard (protubérances, diaphragmes, etc.) placés au niveau des joints de la conduite (fig.12).

### III-2-2- Evacuateur tubulaire avec auge de réception:

C'est un évacuateur de crue dont l'organe de tête est une auge de réception (fig.13)



**Fig.13 : Evacuateur en conduite avec auge de réception :**

1- digue en terre ; 2- galerie d'évacuation en éléments de béton ; 3- organe de sortie ; 4- bassin de dissipation ; 5- auge ; 6- grille de retenue des glaces (pour les pays froids)

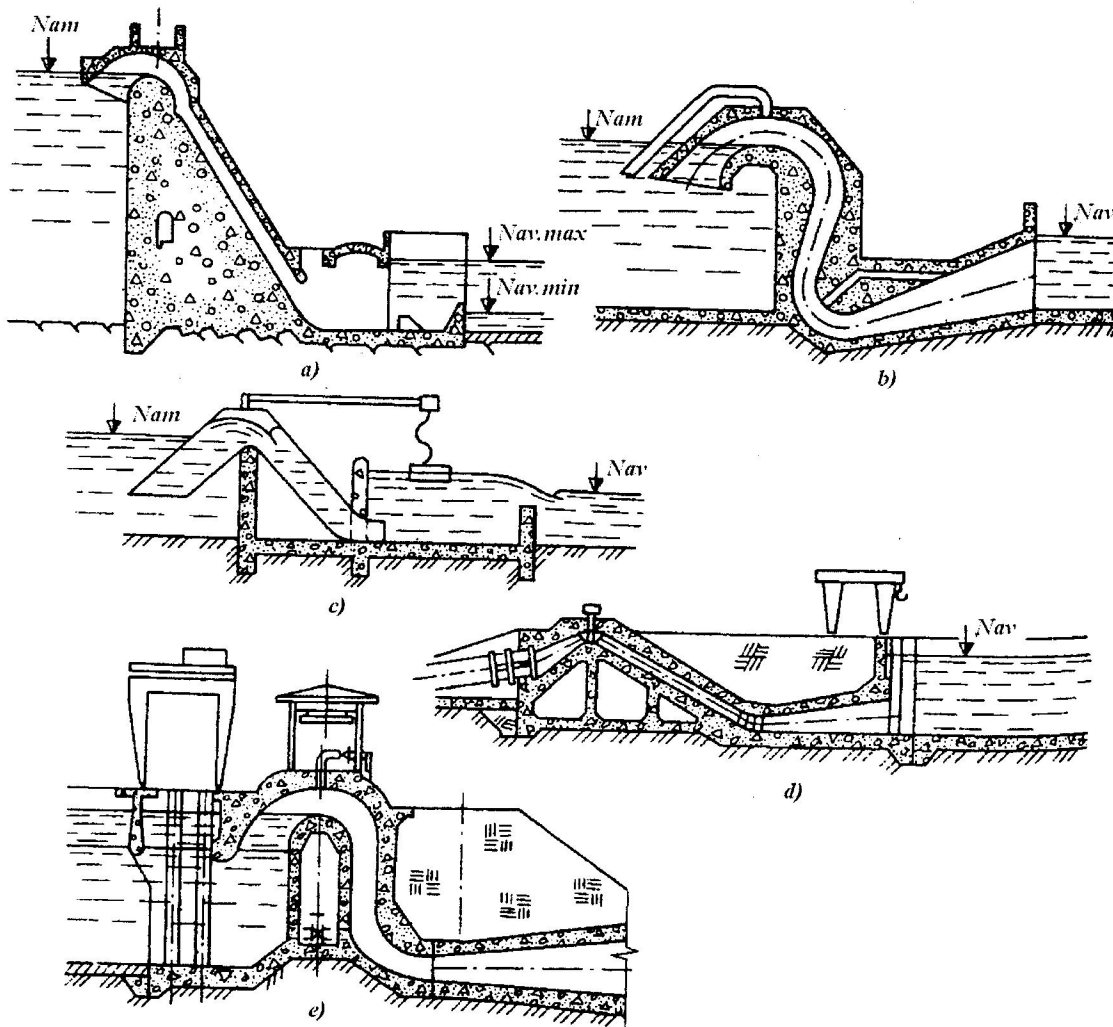
Parmi les évacuateurs tubulaires avec auge de réception, il existe des évacuateurs à écoulement libre et en charge, avec seuil déversoir à nappe non déprimée ou déprimée. Dans les évacuateurs à écoulement libre, le front déversant de l'ouvrage de tête s'allonge grâce à l'augmentation de la longueur de l'arête déversante de l'auge de réception. Dans les évacuateurs en charge on admet des virages en plan de l'axe de l'ouvrage. Le tronçon terminal des évacuateurs de ce type, est réalisé sous

forme de bec déviateur, saut de ski ou bassin de dissipation. Les évacuateurs avec auge de réception ont trouvé une large utilisation dans la construction des petites retenues à buts agricoles (débit inférieur à  $20 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

### III-2-3- Evacuateur à siphon :

C'est un ouvrage dans lequel le débit évacué arrive au bief aval en transitant par une conduite en charge, coudée dans le plan vertical. Son embouchure (section d'entonnement) se situe plus haut que le plan NNR et lors de son fonctionnement on observe une dépression dans la gorge au niveau du coude. En règle générale les siphons sont équipés de dispositifs auxiliaires, assurant l'évacuation de l'air du coude lors de l'amorçage, l'herméticité nécessaire des cavités intérieures, le chargement et la rupture automatique du vide.

Les siphons sont largement utilisés dans les constructions des aménagements hydro agricoles (fig.14).



**Fig.14 :** Evacuateurs à siphon :

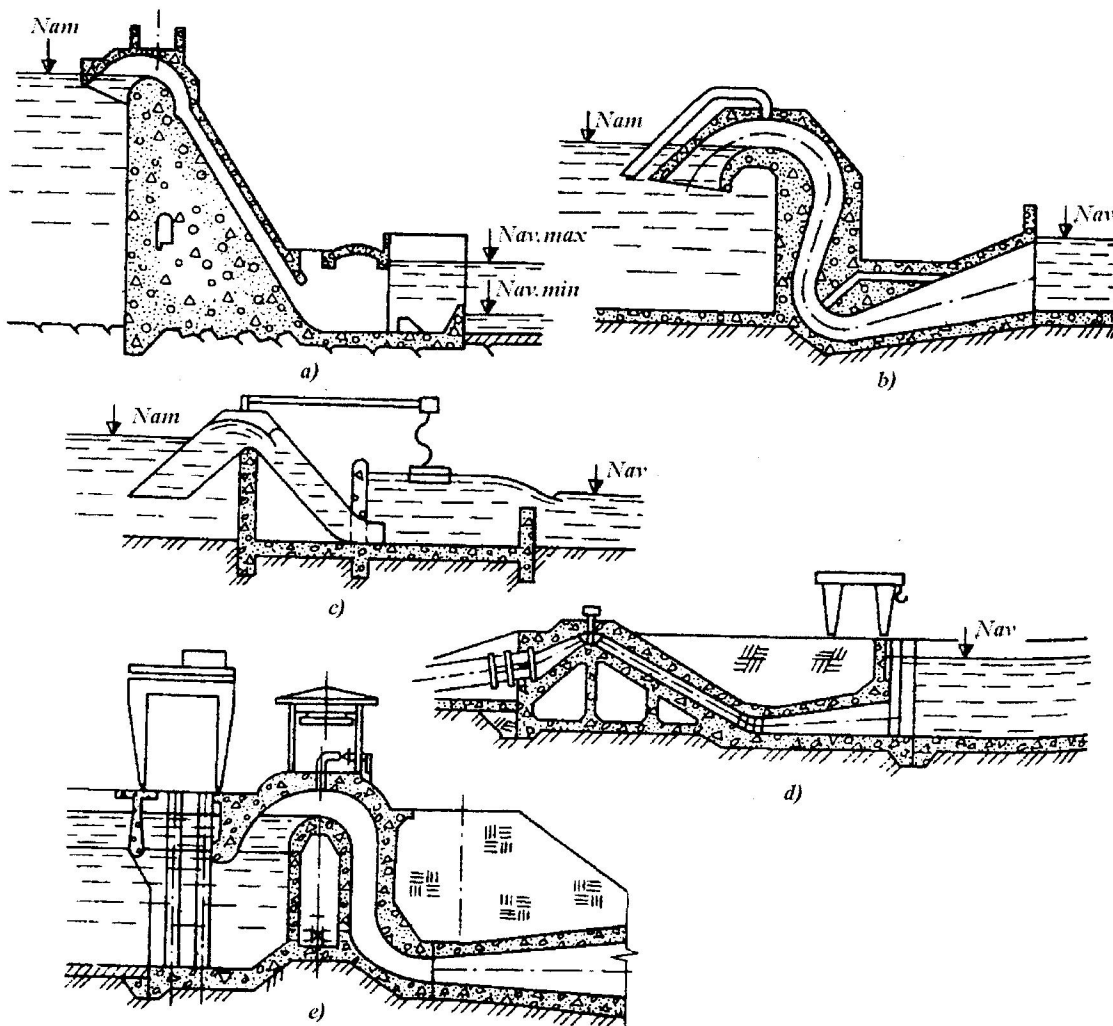
a)- évacuateur de crues de barrage ; b)- évacuateur de station, utilisé en qualité d'ouvrage de secours dans les canaux des systèmes d'irrigation et des stations de pompage ; c)- régulateur des débits ; d)- prise d'eau des stations de pompage d'irrigation ; e)- ouvrage de prise d'eau

forme de bec déviateur, saut de ski ou bassin de dissipation. Les évacuateurs avec auge de réception ont trouvé une large utilisation dans la construction des petites retenues à buts agricoles (débit inférieur à  $20 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

### III-2-3- Evacuateur à siphon :

C'est un ouvrage dans lequel le débit évacué arrive au bief aval en transitant par une conduite en charge, coudée dans le plan vertical. Son embouchure (section d'entonnement) se situe plus haut que le plan NNR et lors de son fonctionnement on observe une dépression dans la gorge au niveau du coude. En règle générale les siphons sont équipés de dispositifs auxiliaires, assurant l'évacuation de l'air du coude lors de l'amorçage, l'herméticité nécessaire des cavités intérieures, le chargement et la rupture automatique du vide.

Les siphons sont largement utilisés dans les constructions des aménagements hydro agricoles (fig.14).



**Fig.14 :** Evacuateurs à siphon :

a)- évacuateur de crues de barrage ; b)- évacuateur de station, utilisé en qualité d'ouvrage de secours dans les canaux des systèmes d'irrigation et des stations de pompage ; c)- régulateur des débits ; d)- prise d'eau des stations de pompage d'irrigation ; e)- ouvrage de prise d'eau



Le principe de fonctionnement des siphons est le suivant : d'abord le coude fonctionne comme déversoir, au dessous de la crête du coude se forme un ressaut hydraulique, la prise de bulles d'air par le rouleau duquel entraîne une dépression dans le coude et par suite l'amorçage du siphon à pleine section.

Dans les évacuateurs à siphon, le débit se détermine par la charge effective  $H$  (différence entre la cote de la retenue et celle du niveau de restitution), dans les prises d'eau à siphon, par le pompage et l'intensité de consommation. Ceci conditionne la différence de construction des parties utiles des évacuateurs et prise d'eau à siphon. Dans les évacuateurs, le tronçon de sortie est un convergent, par contre dans le cas des prises d'eau, c'est un divergent. Dans les centrales hydrauliques réversibles, fonctionnant dans deux régimes- turbinage et pompage, la préférence est donnée au premier régime et le tronçon de sortie est réalisé en convergent.

Les siphons peuvent être classés comme suit:

- Selon le débit : petit ( $Q < 10 \text{ m}^3/\text{s}$ ) ; moyen ( $10 < Q < 50 \text{ m}^3/\text{s}$ ) et grand ( $Q > 50 \text{ m}^3/\text{s}$ ) ;
- Selon le nombre de sections parallèles des siphons : à une conduite, à deux conduites et à plusieurs conduites ;
- Selon les critères constructifs : combinés à des évacuateurs d'autres types (disposés dans les piles, les vannes, les puits etc.), combinés au bâtiment de la centrale hydroélectrique ou aux blocs de la station de pompage, individuels (non combinés à d'autres ouvrages).
- Selon le mode de chargement : auto chargeable, chargement forcé
- Selon la forme de la section d'écoulement: rectangulaire (y compris carrée), circulaire, mixte (tronçon d'entrée rectangulaire, la branche descendante et le puits d'amorçage circulaires).

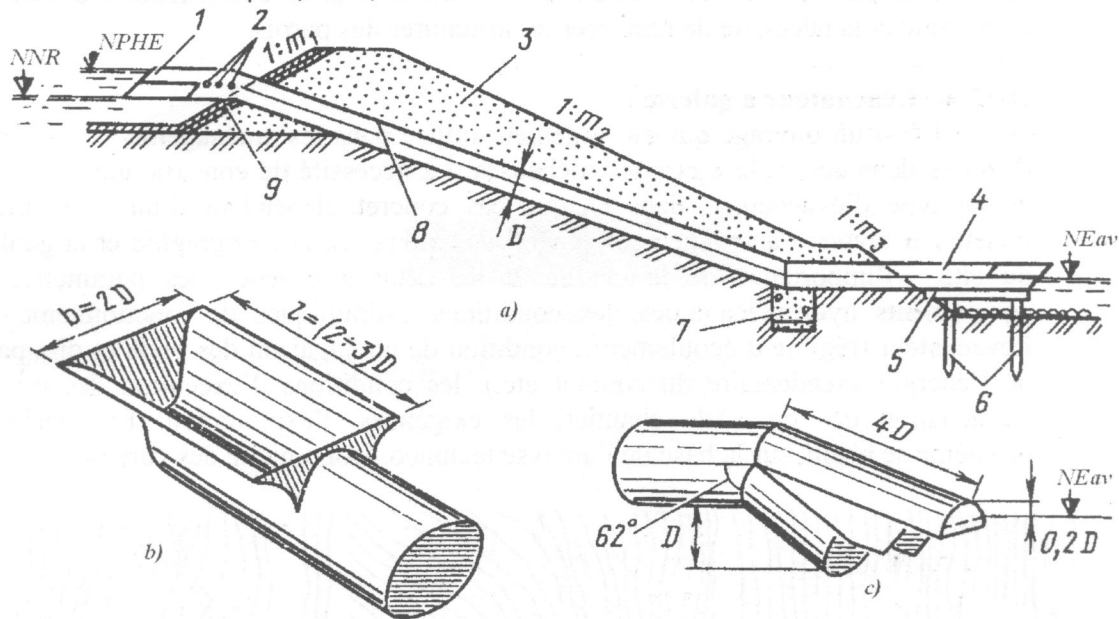
Les siphons calculés pour de faibles débits ( $< 3 \text{ m}^3/\text{s}$ ), sont d'habitude en métal ou en plastique (utilisés sur des rigoles d'arrosage ou sur un petit canal). Si le débit des siphons dépasse  $3 \text{ m}^3/\text{s}$ , ils sont souvent réalisés en béton armé. Dans des cas isolés, le tronçon d'entrée du siphon peut être réalisé en métal et la branche descendante en béton armé.

Le nombre de conduites parallèles de siphon et leurs dimensions se déterminent en tenant compte de plusieurs considérations : du point de vue fiabilité d'exploitation, leur nombre ne doit pas être inférieur à deux ; selon les conditions de résistance, on fixe la largeur de chaque conduite ; selon les conditions hydrauliques on limite la hauteur d'amorçage et la valeur de la dépression possible, ce qui permet de déterminer la hauteur de la section de la conduite. La forme de la section transversale du siphon peut être rectangulaire, circulaire, mixte.

Les conditions de chargement du siphon peuvent être améliorées à l'aide de mesures spéciales : développement de la visière, emploi de régulateurs spéciaux de débit, par l'installation de becs déviateurs, d'éjecteurs, d'accélérateurs de mise en charge etc.

L'évacuateur à siphon le plus répandu est la construction proposée par V.S.Micenev (fig.15). Ses principaux avantages sont : la simplicité de la construction et la possibilité de préparation de l'évacuateur sur chantier. L'évacuateur est composé de conduite en acier, de dispositif pour retenir les objets flottants les têtes d'entrée et de sortie sont de même type de profil. La conduite est posée dans le corps du barrage avec une pente de 0,20-0,25 ; sa longueur dépend des dimensions du barrage. La différence entre les têtes réside uniquement dans le lieu de position des orifices d'entrée et de sortie par rapport à la paroi de la conduite. Dans la tête d'entrée, les orifices sont situés en bas et la paroi de la conduite en haut. A la sortie, au contraire, l'orifice en haut et la paroi en bas. Par ailleurs, la tête d'entrée possède des deux côtés de l'axe de la conduite des orifices pour l'admission d'air [ $S_0 = (0,02 \div 0,04)S$ , où  $S_0$  et  $S$ - section de l'orifice et section mouillée de la conduite, respectivement] pour l'aération de l'écoulement dans la conduite et la

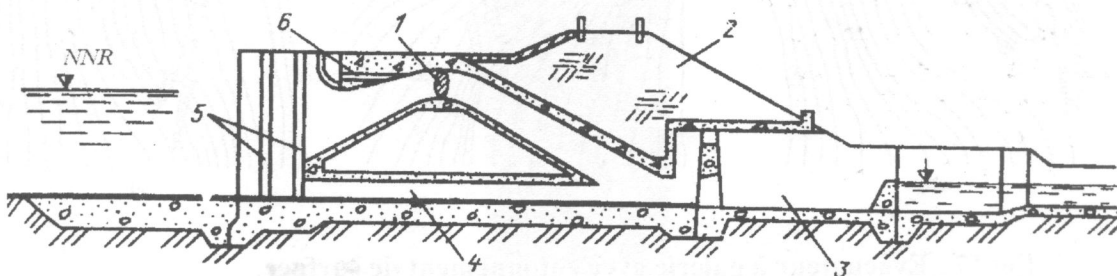
stabilisation du niveau amont. En vue de l'amélioration du chargement du siphon, V.S.Micenev propose un tube spécial de chargement, disposé à la fin de la courbe de remous d'abaissement dans la zone de la profondeur normale. Le coefficient de débit de tels évacuateurs est  $\mu=0,60\div 0,62$ .



**Fig.15 : Evacuateur à siphon et conduite métallique :**

a)- coupe longitudinale de l'évacuateur ; b)- têtes d'entrée et de sortie de la construction de V.S.Micenev ; c)- tête d'entrée de la construction YOUJNIGUIM ; 1, 4- tête d'entrée et de sortie respectivement ; 2- orifices pour l'admission d'air ; 3- digue en terre ; 5- poutre d'appui ; 6- pieux ; 7- bloc aval d'ancrage de la conduite en acier ; 8, 9- revêtement de talus de la digue.

Il existe des exemples de construction des évacuateurs à siphon combinés, consistant en une synthèse d'évacuateur et de prise d'eau (fig.16).



**Fig.16 : Evacuateur-prise d'eau à siphon:**

1- section de gorge ; 2- digue en terre ; 3- chambre de dissipation de l'énergie excédentaire du courant ; 4- conduite en béton de la prise d'eau ; 5- rainures des vannes ; 6- orifices d'admission d'air.

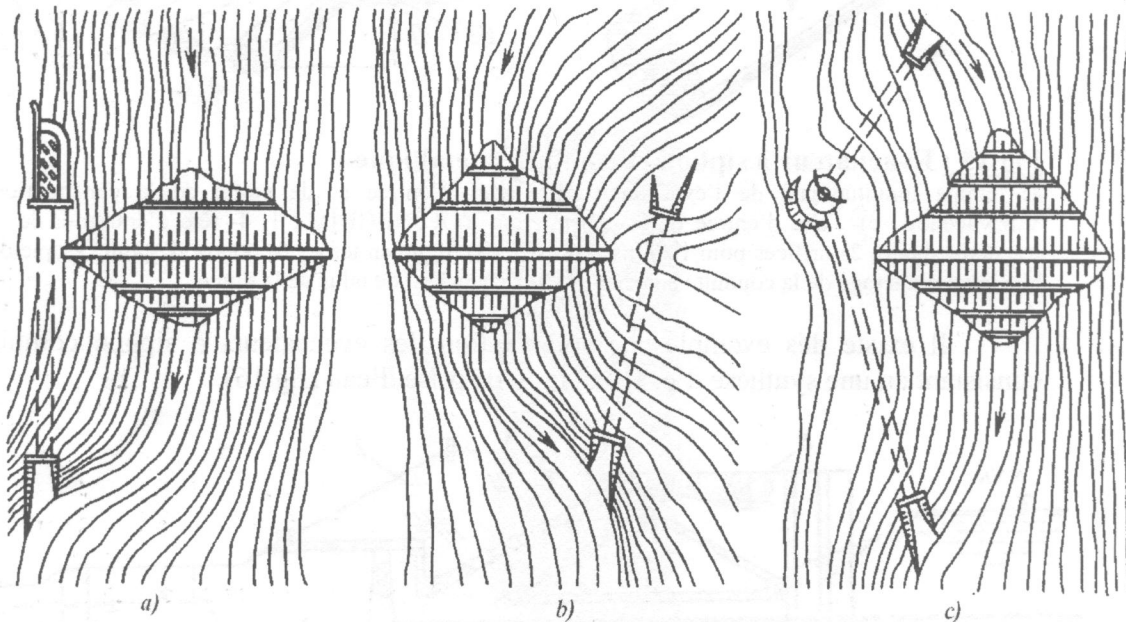
Les siphons peuvent être réalisés comme évacuateurs autonomes et comme ouvrages de tête d'évacuateurs combinés.

Parmi les avantages des siphons on cite : le fonctionnement automatique, l'évacuation de débit pour de faibles hauteurs du volume forcé (0,1-1,0m), la possibilité de construction de l'évacuateur après la mise en exploitation du barrage en terre et la possibilité d'utilisation des siphons lors de la reconstruction des évacuateurs dans le but d'augmenter leur capacité de débit. Parmi les inconvénients, limitant leur

large utilisation, on cite : la difficulté d'exploitation en période hivernale et lors de nécessité d'évacuation d'objets flottants, la vibration des différentes parties, pressions et dépressions considérables sur les surfaces de flexion raide des tuyaux du siphon lors de vitesses élevées de l'écoulement , l'utilisation pour la construction de coffrages compliqué et la nécessité de renforcer les armatures des parois.

#### III-2-4- Evacuateur à galerie :

C'est un ouvrage qui est largement utilisé dans les aménagements de barrage disposés dans des vallées étroites rocheuses. La nécessité de construction et le choix de ce type d'évacuateur, dans chaque cas concret, dépendent d'un ensemble de facteurs, à savoir: l'aménagement général des ouvrages, la topographie et la géologie du site, l'importance de la charge et du débit à évacuer, les paramètres des équipements hydromécaniques, les conditions hydrauliques de fonctionnement de l'évacuateur (régime d'écoulement , condition de conjugaison des biefs et dissipation de l'énergie excédentaire du courant etc.), les conditions d'exécution des travaux, l'évacuation des crues de chantier, les exigences d'exploitation. En général le problème se résout sur la base de l'analyse technico-économique des variantes.

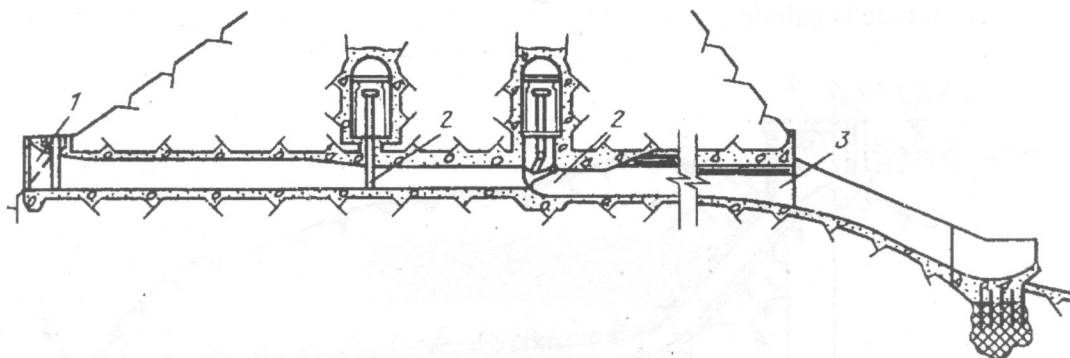


**Fig.17 : Evacuateur à galerie avec entonnement de surface:**

a)- à entonnement latéral ; b)- à entonnement frontal ; c)- en puits

Sur les versants particulièrement escarpés, on utilise les évacuateurs à galerie avec entonnement latéral (fig.17, a). Sur les versants à pente plus douce, on construit des évacuateurs à galerie avec entonnement frontal (fig.17, b). S'il existe sur le versant des sites favorables à l'implantation d'une tulipe, on opte pour la construction d'un évacuateur en puits vertical ou incliné (fig.17, c). L'une des conditions d'emploi de l'évacuateur en puits est l'opportunité de le raccorder à la galerie de dérivation. La disposition du puits incliné est dictée par les conditions topographiques et géologiques du site. Dans certains cas, tout le puits ou une de ses parties est substituée par une tour de prise (évacuateur à tour de prise avec galerie). Les évacuateurs à galerie, énumérés, sont des évacuateurs à entonnement de surface où l'eau est prélevée à une cote voisine

du niveau normal de la retenue. Il existe par ailleurs des évacuateurs de demi-fond ou de fond dont l'entonnement est calé très largement au dessous de ce niveau (fig.18).



**Fig.18 : Evacuateur à galerie avec entonnement de fond:**

1,3- portails d'entrée et de sortie ; 2- chambre des vannes

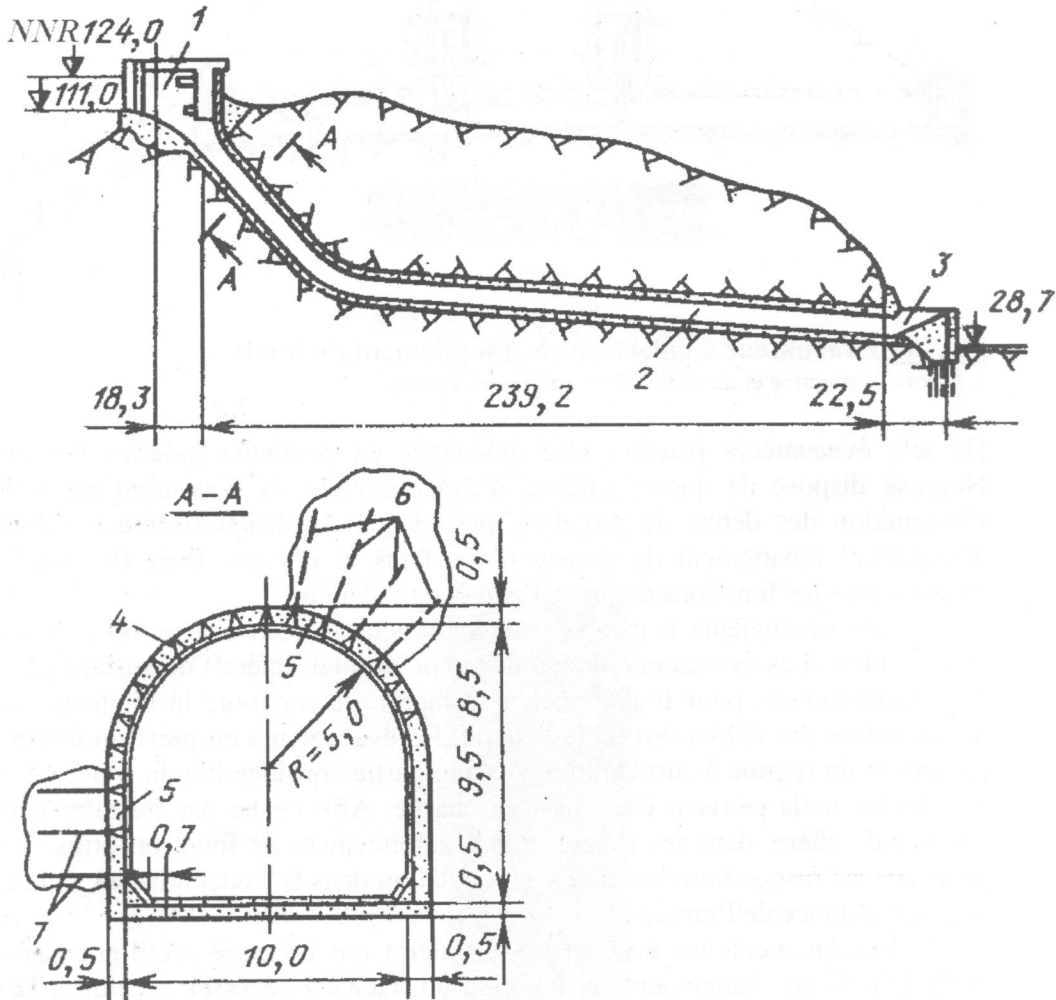
De tels évacuateurs peuvent être aménagés en plusieurs galeries (le barrage de Nouresk dispose de quatre galeries d'évacuations) ; ils n'assurent pas uniquement l'évacuation des débits de projet en période de construction et d'exploitation lors d'important rabattement du niveau d'eau dans la retenue, mais ils remplissent en même temps les fonctions de prise d'eau et de vidange.

Les évacuateurs à galerie peuvent fonctionner en charge ou à écoulement à surface libre. Les évacuateurs à entonnement (frontal, latéral) de surface (fig.19) sont d'habitude conçus pour fonctionner à surface libre sur toute la longueur du chemin d'évacuation des débits. En règle général, les évacuateurs en puits ou à tour de prise possèdent un régime à surface libre sur une partie considérable du trajet d'évacuation des débits, mais peuvent être aussi en charge. Afin de ne pas installer une tour de commande chère, dans les évacuateurs à entonnement de fond, on utilise souvent le schéma avec disposition de vannes de régulation dans le tronçon initial de la galerie (à quelque distance de l'entrée).

Pratiquement, les évacuateurs à galerie ont un tracé rectiligne dans le plan (v.fig.17). Si un changement de direction du tracé est nécessaire, celui-ci ne doit pas dépasser  $60^\circ$ , et le rayon de courbure de l'axe de la galerie au virage, pour des vitesses inférieures à 20 m/s dans la galerie, ne doit pas être inférieur à cinq portées libres de la galerie. Pour des grandes vitesses d'écoulement dans la galerie, les angles de déviation et rayons de courbure, sont fixés sur la base des résultats des essais sur modèle réduit. Les tronçons initial et final du tracé curviligne de la galerie se projettent rectilignes, sur une distance égale à la portée d'excavation, c.a.d pas moins de 6 m. Les dimensions normalisées de la section transversale de la galerie varient de 2 à 6 m avec un pas de 0,5 m et de 6 à 15 m avec un pas de 1 m. Les dimensions minimales intérieures des sections transversales sont : sans revêtement, largeur 2 m et hauteur 2,5 m, avec revêtement, largeur et hauteur égales à 2 m. L'aire minimale de la section transversale est égale à  $4 \text{ m}^2$ . Les dimensions et forme de la section sont fixées sur la base des résultats de l'analyse technico-économique des variantes, et également en considérant la possibilité d'installation des équipements de chantier et les règles de technique de sécurité pour les travaux de construction des ouvrages hydrotechniques souterrains.

Dans l'étude des évacuateurs à galerie avec entonnement latéral de surface (v.fig.17, a), toutes les exigences relatives à la conception des évacuateurs à surface

libre se conservent et sont renforcées par l'exigence d'aplanissement de la section d'écoulement à l'entrée de la galerie pour éviter la formation du régime en charge partielle dans la galerie ou la nécessité d'augmenter outre mesure la hauteur de la section de la galerie.



**Fig.19 : Evacuateur à galerie avec entonnement de surface:**

1- seuil d'entrée; 2- galerie; 3- ouvrage terminal; 4- béton; 5- ferrailage; 6- ancrage de soutènement provisoire; 7- ancrage de blindage permanent

Pour les études et calculs des tronçons intermédiaires d'accompagnement des évacuateurs en galerie, les recommandations suivantes sont à observer :

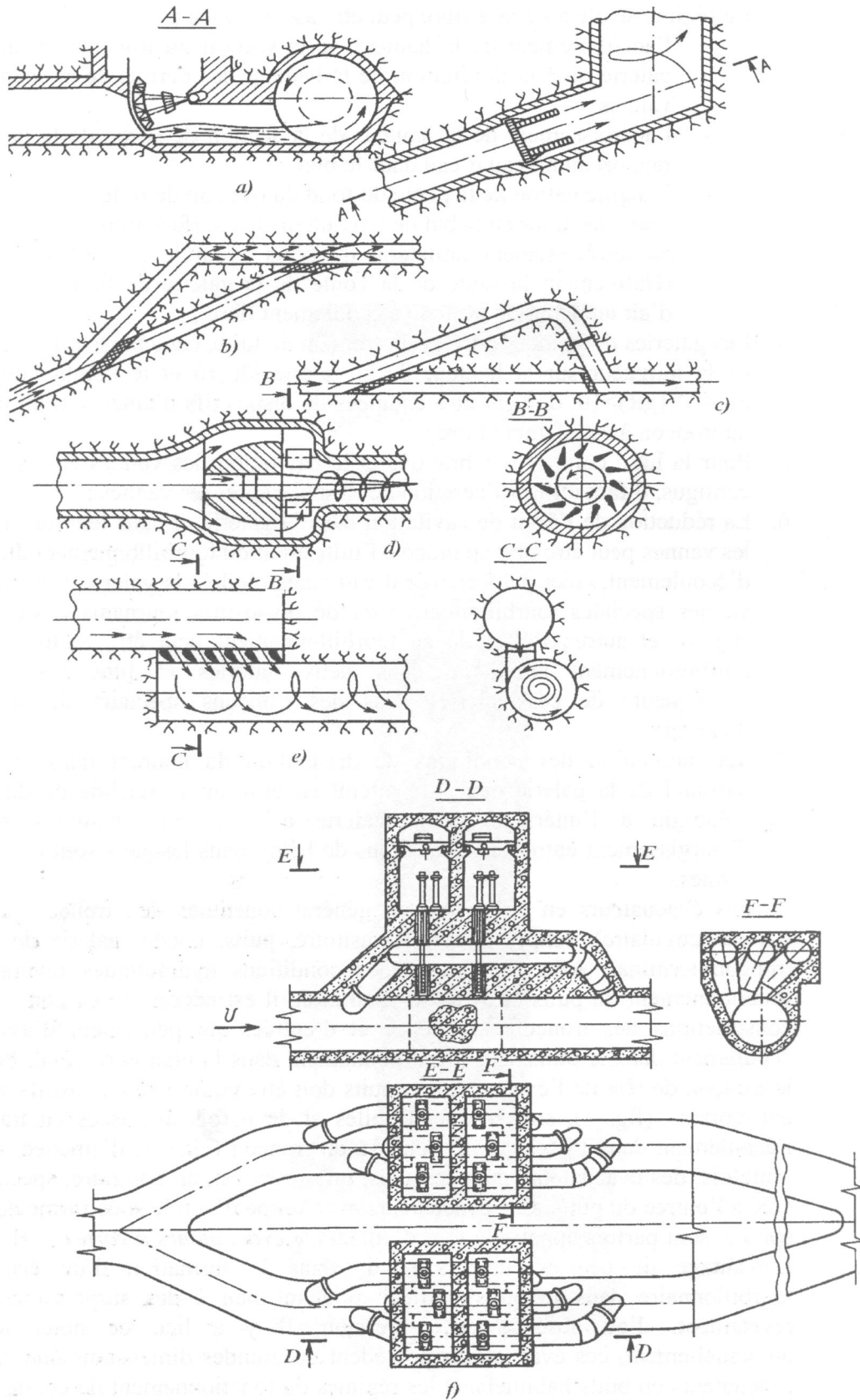
1. Dans les conditions normales d'exploitation de l'évacuateur, il faut assurer un régime stable d'écoulement- en charge ou à surface libre ; la tolérance du régime transitoire, partiellement en charge doit être justifiée par des calculs et essais hydrauliques spéciaux sur modèles réduits ;
2. Pour les évacuateurs, fonctionnant dans un large intervalle de fluctuation des débits et niveaux d'eau dans les biefs, il y a lieu de choisir un tel schéma où, dans le tronçon d'aménée (devant la vanne), un régime en charge stable est assuré, par contre dans le tronçon de fuite (après la vanne) le régime étant stable à surface libre ;



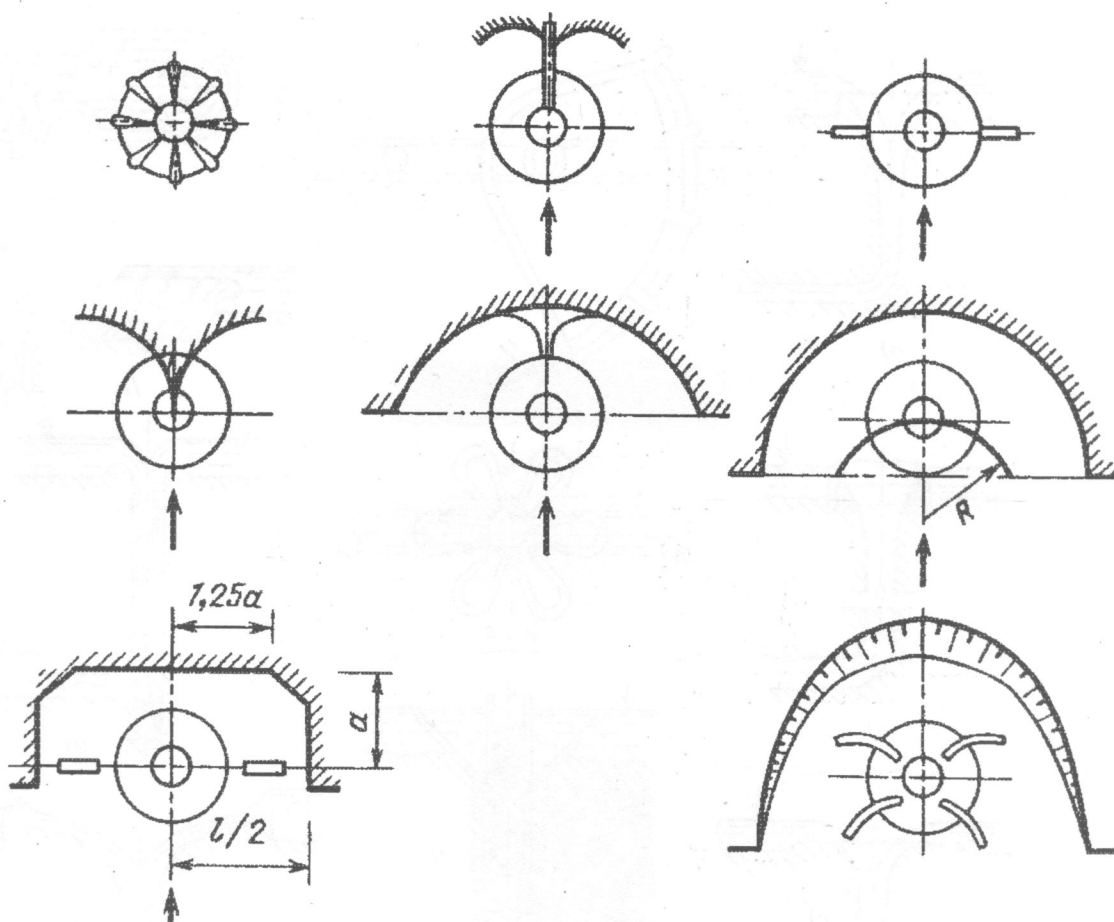
3. Le régime stable à surface libre peut être assuré grâce à :
  - l'accroissement de la hauteur de la section du tronçon de fuite de la galerie ou à la diminution de la hauteur des pertuis de la chambre des vannes ;
  - l'accroissement de la hauteur de la section de sortie de la galerie par rapport au niveau d'eau dans le bief ;
  - l'augmentation de la pente du fond du tronçon de fuite ;
  - l'amenée d'air au début de l'écoulement à surface libre ;
  - au rétrécissement unilatéral du puits avant le coude ou relèvement relativement brusque de la voûte de la galerie de fuite avec amenée d'air au début du tronçon à écoulement libre ;
4. Les galeries de grandes portées du tronçon de fuite, caractérisées par le rapport de la longueur sur la hauteur de la galerie  $l/h \geq 10$  et le nombre de Froude  $Fr^2 = v^2/(gR) > 10$ , doivent être équipées de dispositifs d'amenée d'air au début du tronçon à écoulement libre ;
5. Pour la lutte contre les vibrations et la cavitation des vannes et des tronçons contigus, il faut utiliser l'aération de l'espace après les vannes ;
6. La réduction de l'effet de cavitation dans la galerie et dans les tronçons après les vannes peut être obtenu grâce à l'utilisation du tourbillonnement du courant d'écoulement, créer par l'arrivée d'eau tangentielle à la galerie, l'utilisation de vannes spéciales tourbillonnaires ou de dispositifs tournants à vanne plate (fig.20) et autre ; l'effet dû au tourbillonnement peut être renforcé lors de tourbillonnement simultané dans deux galeries et plus avec amenée consécutive de ces galeries dans des tronçons spéciaux de dissipation d'énergie ;
7. La facilitation des conditions de dissipation du courant dans le tronçon terminal de la galerie peut être atteint en utilisant le schéma de dissipation d'énergie à l'intérieur de la galerie à l'aide de chambres spéciales d'élargissement entre deux bouchons de béton dans lesquels sont disposés les vannes.

Les évacuateurs en puits sont en général constitués de : tronçon d'amenée (chenal circulaire), tulipe, tronçon transitoire, puits, coude, galerie de fuite et tronçon terminal. Afin de garantir des conditions hydrauliques favorables de fonctionnement du puits et éviter la saturation, il est nécessaire de concevoir des constructions des tronçons d'amenée et d'entrée, qui permettent d'assurer un écoulement dans le puits sans tourbillonnement dans le plan horizontal. Pour cela le tronçon de tête de l'évacuateur en puits doit être équipé de dispositifs spéciaux anti-vortex (fig.21), sous forme de piles et de parois disposées en travers de l'écoulement dans l'excavation rocheuse du tronçon (chenal) d'amenée. Il existe toutefois, des évacuateurs dans lesquels, un vortex est, au contraire, spécialement créé à l'entrée du puits. Ces évacuateurs avec tulipe d'entrée sous forme de bêche spirale, sont parfois appelés, à tort d'ailleurs, « évacuateurs à vortex » (fig.22, f). L'avantage de ces évacuateurs réside dans la formation d'un écoulement tourbillonnaire dans le puits vertical, donnant lieu à des surpressions sur le revêtement, d'où absence de dépression. Il y a lieu de noter toutefois qu'actuellement, ces évacuateurs possèdent de grandes dimensions que ceux des évacuateurs en puits habituels, et les régimes de fonctionnement du coude et de la galerie de fuite sont plus complexes du point de vue hydraulique.





**Fig. 20 :** Dispositifs de production de tourbillonnement du courant liquide dans les évacuateurs à galerie:  
a)- avec disposition horizontale ; b) et c)- dispositifs plans; d) et e)- avec aubes directrices ; f)- avec branchements équipés de vannes plates.

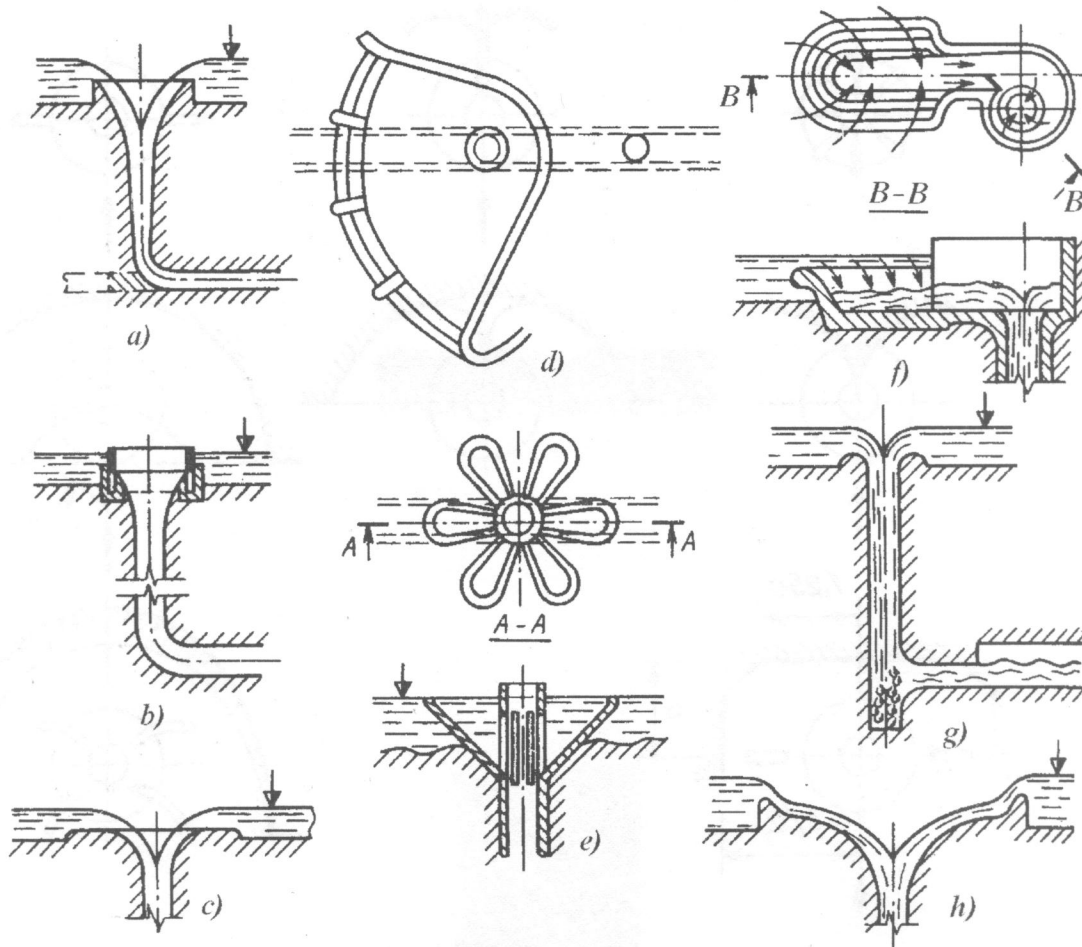


**Fig. 21 :** Différents types de dispositifs anti-vortex

Les évacuateurs en puits peuvent être commandés par des vannes disposées sur le seuil déversant (fig.22, b, d, et fig.23, d) ou non commandés (fig.22, a, c, e, f, h et fig.23, d). La plupart des évacuateurs en puits existants ne sont pas commandés, ce qui est dans une large mesure, dû à la difficulté d'installation de types de vannes les plus répandus sur le seuil curviligne. Pour des petites dimensions de la carole, on peut disposer une vanne cylindrique sur le seuil déversant (fig.23, d).

Selon la forme dans le plan, on distingue des seuils circulaires (entiers et non entier) et à pétales (évacuateur en marguerite type Sarno) (fig.22).

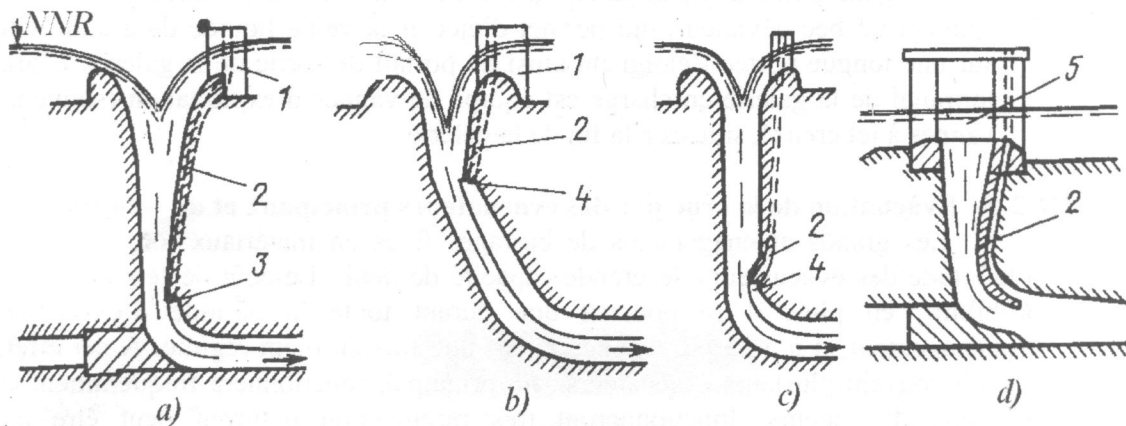
On distingue également les tulipes à seuil de profil pratique, utilisé pour  $R/H \leq 5$ , où R- rayon de la carole et H- charge de calcul (fig.22, a), les tulipes à seuil plat, pour lesquelles d'habitude  $R/H \geq 7$  et  $R/B \approx 2 \div 2,5$  où B- largeur du seuil plat (fig.22, c), les tulipes à doubles chutes (fig.22, c). Les premiers peuvent avoir différents profils (à nappe déprimée ou non déprimée), paraboliques, elliptiques etc. ; le coefficient de débit est de  $0,46 \div 0,49$ , il dépend des conditions d'approche et diminue avec la croissance du rapport H/R. Pour les seconds, le coefficient de débit est considérablement inférieur-  $0,36 \div 0,38$ . Dans les troisièmes, la disposition d'un seuil circulaire à nappe déprimée permet d'augmenter le coefficient de débit jusqu'à 0,475. Le choix du type de tulipe dépend des conditions topographiques.



**Fig. 22 : Evacuateurs en puits :**

a)- avec tulipe à profil pratique et puits cylindrique ; b)- avec vanne cylindrique coulissante ; c)- avec seuil plat (à gauche) et tulipe conique (à droite) ; d)- avec tulipe circulaire non entière ; e)- avec tulipe à pétale (en marguerite type sarno) ; f)- avec bêche spirale ; g)- avec puits profond ; h)- avec paroi circulaire de profil à nappe déprimée.

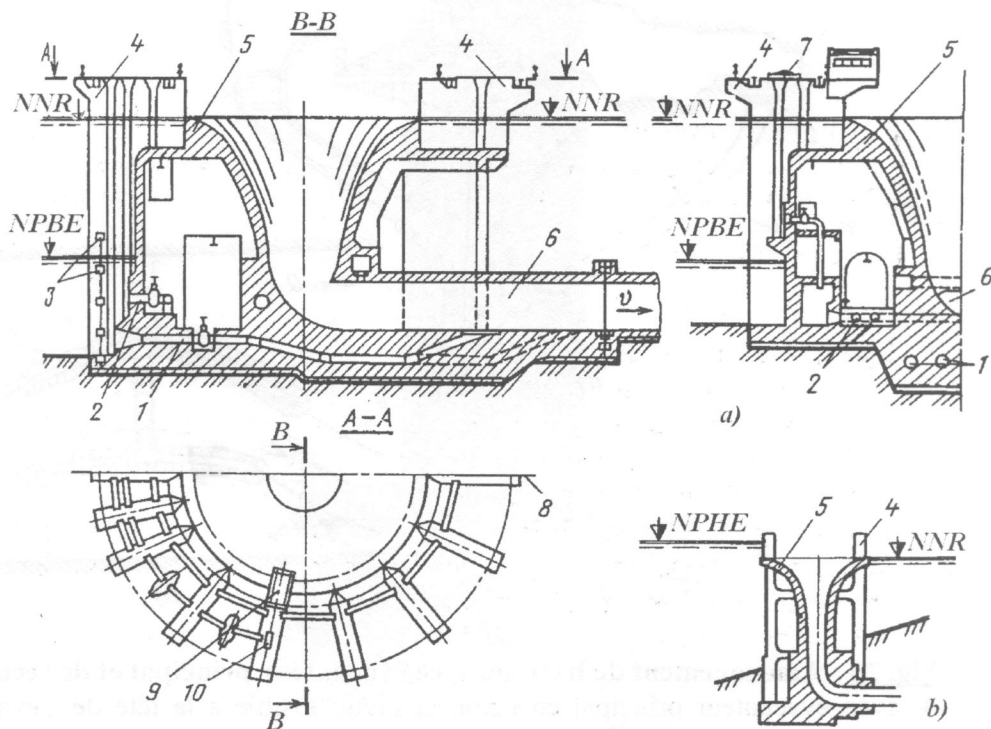
Le schéma "classique" de l'évacuateur de crue en puits est représenté en fig.22, a. Le calcul de l'évacuateur s'effectue pour le régime en charge du puits vertical et de la galerie de fuite avec le débit de calcul. Un tel schéma d'évacuateur en puits n'est pas recommandé, vu qu'il présente beaucoup d'inconvénients majeurs ; pour des débits inférieurs au débit de calcul, dans la zone de passage du tronçon transitoire au puits, une dépression considérable apparaît, et dans la galerie de fuite des régimes transitoires défavorables peuvent avoir lieu. Sur la surface du coude peut apparaître une dépression considérable, et pour sa diminution jusqu'aux limites admissibles, il faut un grand rayon du coude, ce qui aboutit à des solutions non constructives. Pour éliminer ces inconvénients, il est utile de rétrécir la section du puits verticale vers le bas, et d'aménager un décrochement anti dépression au niveau supérieur du coude (fig.23, a) en éloignant la face convexe du coude de la surface de la nappe d'eau et en ramenant de l'air dans le coude par l'intermédiaire d'un conduit, et la galerie de fuite est conçue pour un fonctionnement en régime d'écoulement à surface libre pour tous les débits (n'admettant pas la saturation de la section de sortie).



**Fig. 23 : Différentes conceptions de l'évacuateur en puits :**

1- pile ; 2- reniflard ; 3- décrochement anti dépression ; 4- bec déviateur ; 5- vanne cylindrique

Des solutions pour l'établissement du régime à surface libre dans la galerie (réduction spéciale de la section le long du tracé de l'évacuateur avant le coude ou conception de bacs déflecteurs) ont trouvé utilisation également dans les évacuateurs à galerie avec tour de prise (fig.24, a). Il existe des constructions où l'organe de tête de l'évacuateur à galerie est une tour de prise qui débouche directement dans un puits (fig.23, b).



**Fig. 24 : Evacuateurs à tour de prise :**

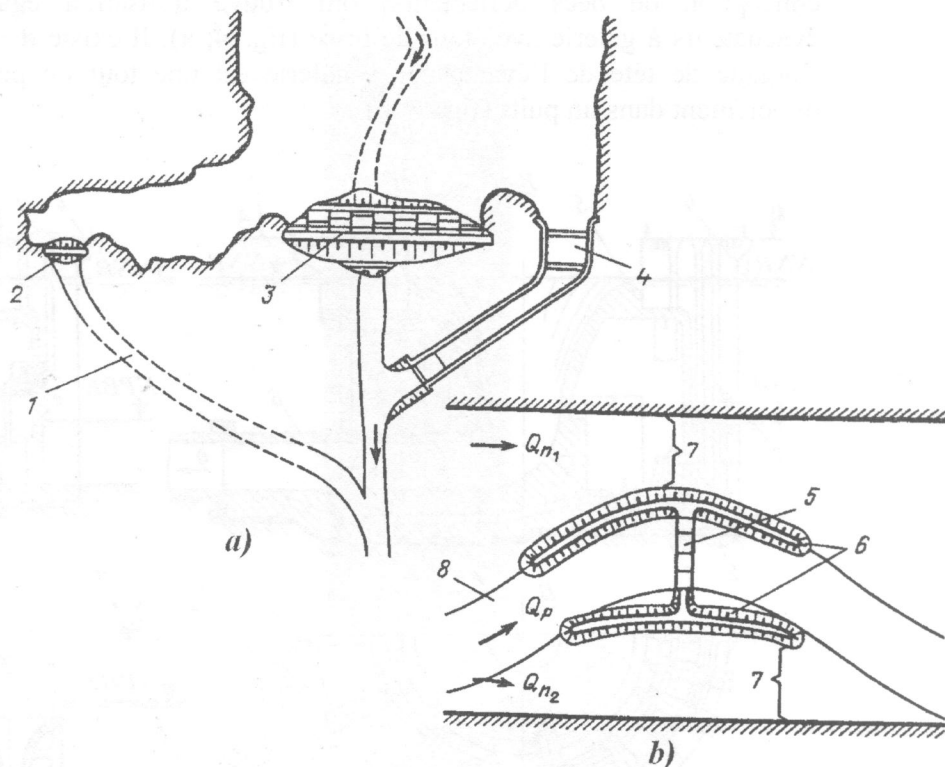
1- vidange ; 2- prise d'eau ; 3- grille grossière ; 4- pile ; 5- seuil déversoir circulaire à profil pratique ; 6- galerie de fuite ; 7- trappe d'ascenseur ; 8- axe de la galerie ; 9- pavillon d'escalier ; 10- ascenseur

L'organe terminal de la galerie à écoulement libre de l'évacuateur est le plus souvent un bec déviateur, qui permet d'éjecter la veine liquide de grande vitesse sur une longue portée l'éloignant ainsi du portail de sortie de la galerie. L'organe terminal de la galerie en charge est équipé de vannes d'exploitation (souvent des vannes à jet creux), situées à la fin de la galerie.

### III-2-5- Evacuation de la crue par des évacuateurs principaux et de secours

Les grands aménagements de barrages fixes en matériaux locaux possèdent d'habitude des évacuateurs de grande capacité de débit. Le coût de tels ouvrages est prohibitif, en plus, il se pourrait que durant toute la période d'existence de l'aménagement, il n'aura pas à fonctionner, une fois en plein régime. A cet effet, on prévoit souvent plusieurs évacuateurs : un principal, fonctionnera fréquemment et un ou deux de secours, fonctionneront très rarement ou n'auront peut être pas à fonctionner durant toute la période d'existence de l'aménagement (fig.25). Les évacuateurs de secours doivent être de conception simple et moins coûteux.

Dans plusieurs cas, il s'avère plus commode d'évacuer les débits de crue de faible probabilité par contournement de barrage de faible chute, dans le lit majeur de la rivière (fig.25, b).



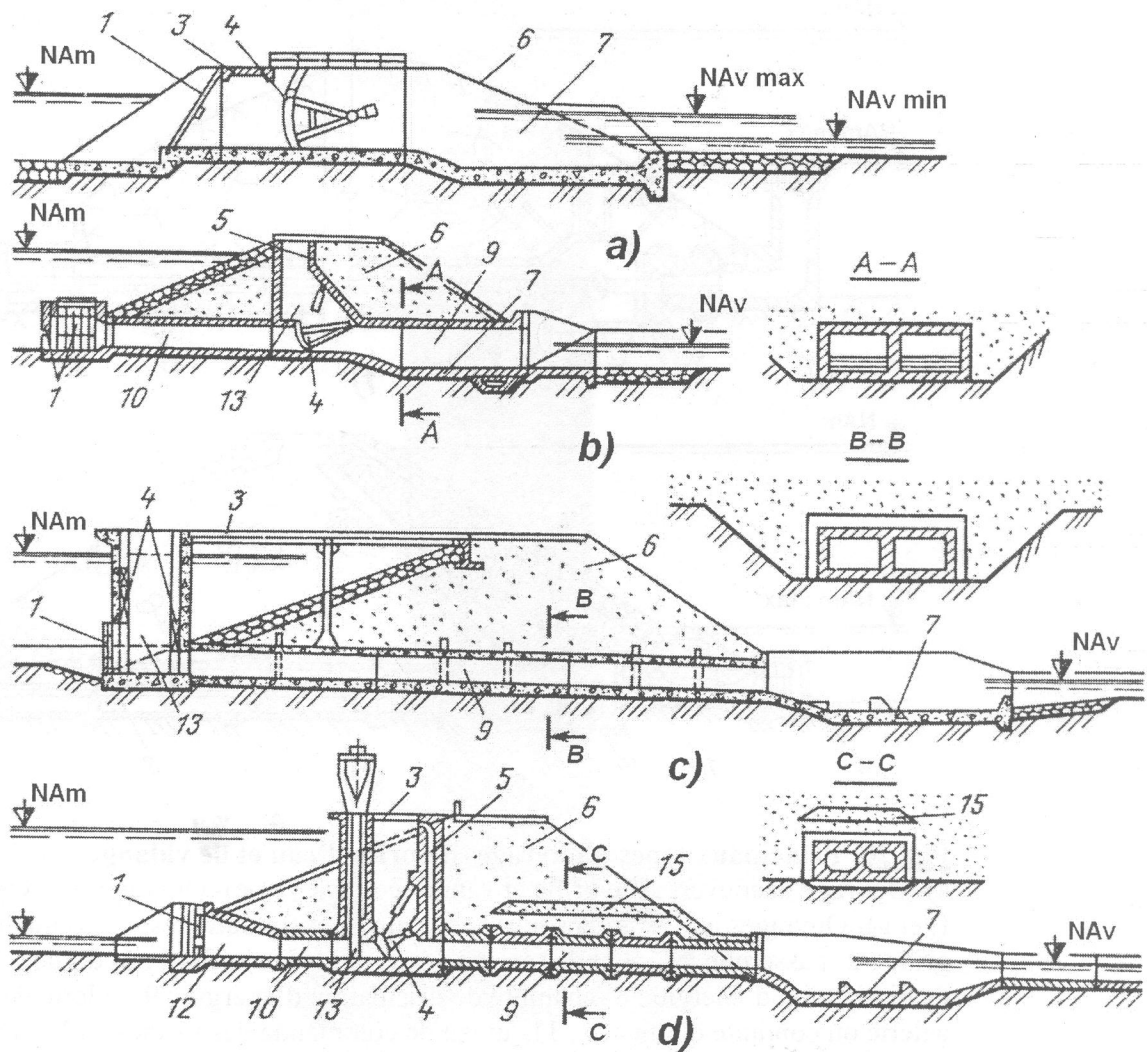
**Fig. 25 : Aménagement de barrage avec évacuateur principal et de secours :**

a)- avec évacuateur principal en béton et digue fusible à la tête de l'évacuateur de secours ; b)- aménagement de barrage à faible chute, à évacuateur central dans le lit mineur et utilisant le lit majeur comme évacuateur de secours 1- chenal d'évacuation de secours; 2- digue fusible; 3- digue en terre ; 4- évacuateur principal en béton ; 5- barrage déversoir de rivière à faible chute ; 6- digue guideau ; 7- évacuateur de secours dans le lit majeur ; 8- lit de rivière.

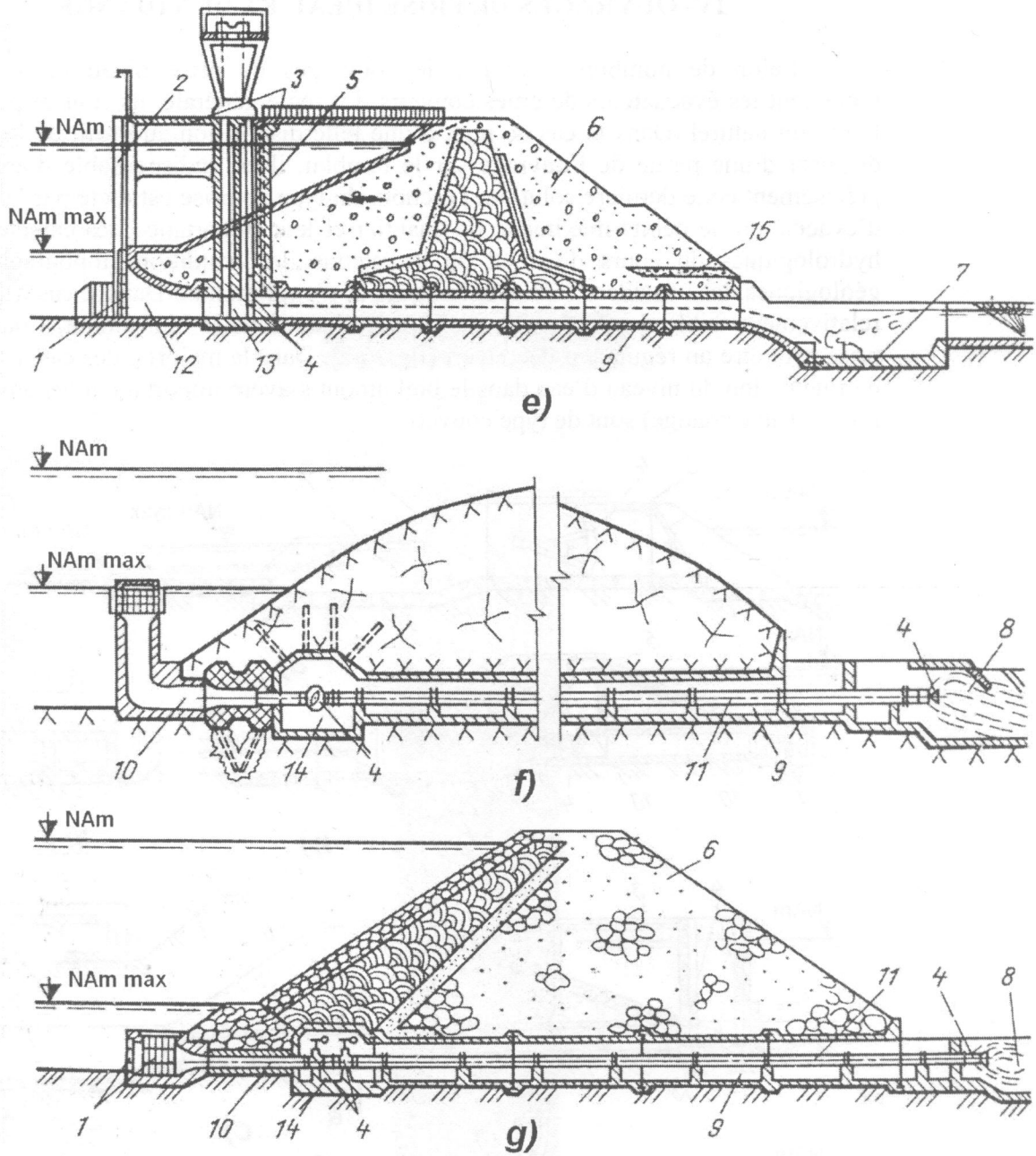


#### IV- OUVRAGES DE PRISE D'EAU ET DE VIDANGE

Selon de nombreux critères, les ouvrages de prise d'eau et de vidange rappellent les évacuateurs de crues couverts. En règle générale, ils sont disposés dans le terrain naturel. Dans le cas de rejet d'une telle disposition au profit de l'option de disposer d'une partie de l'ouvrage sur le remblai, il est indispensable d'argumenter précisément cette dernière solution. Le choix du type de prise est dicté par la méthode d'évacuation de débits maximaux de chantier et leur importance, les caractéristiques hydrologiques du cours d'eau et de la retenue, les conditions topographiques et géologiques, les considérations économiques et d'exploitation. Dans le cas d'intervalle relativement faible de fluctuation du niveau d'eau dans le bief amont, l'ouvrage de prise peut être un régulateur découvert (fig.26-a). Dans la majorité des cas, l'intervalle de fluctuation du niveau d'eau dans le bief amont s'avère important et les ouvrages de prise d'eau (vidange) sont de type couvert.







**Fig. 26: Principaux types d'ouvrages de prise d'eau et de vidange :**

a)- Ouvrage découvert avec grille et vanne segment ; b)-e)- Ouvrages couverts à tour ;  
 f) et g)- Ouvrages couverts sans tour avec galerie et conduite respectivement ; 1-  
 grille ; 2- passerelle ; 3- pont de service ; 4- vanne ; 5- reniflard ; 6- digue ; 7- bassin  
 de dissipation d'énergie ; 8- chambre de dissipation d'énergie ; 9- galerie de fuite ; 10-  
 galerie ou conduite d'amenée ; 11- tuyau de commande des vannes ; 12- tête d'entrée  
 du confuseur ; 13- tour de commande des vannes ; 14- salle enterrée de commande des  
 vannes (pour les ouvrages sans tour) ; 15- drainage horizontal en gravier.

Selon leur construction, les prises (vidanges) se subdivisent en ouvrages tubulaires, ouvrages à galerie ou de type combiné (combinant les deux types d'ouvrage).

Selon la disposition des vannes de commande on distingue :

- Les ouvrages à vannes disposées au début de la canalisation (fig.26, c et e) ; d'habitude dans ce cas on prévoit une tour de commande des vannes possédant en son bas une chambre des vannes et sur la passerelle supérieure les mécanismes de levage. Dans plusieurs cas, à la place de la tour, on prévoit un passage d'accès particulier aux vannes soit à partir du bief aval (fig.26, f, g), soit à travers une galerie spéciale inclinée disposée sur le talus amont.
- Les ouvrages à vannes disposées au milieu de la canalisation (fig.25, b, d) ; une telle disposition est possible aussi bien dans le cas d'ouvrages tubulaires ou à galerie (fig. 26, f) avec ou sans tour de commande.
- Les ouvrages avec vannes à la fin de la canalisation ; une telle disposition des vannes est caractéristique aux ouvrages fonctionnant sous le régime en charge, de même que les canalisations en charge situées dans une galerie.

#### **IV-1 Ouvrages tubulaires de prise et de vidange**

La construction de l'ouvrage de prise et de vidange la plus utilisée dans les aménagements à barrages fixes est l'ouvrage tubulaire (couvert).

On distingue les ouvrages à tour (fig.26, b, c, d, e) et sans tour (fig.26, f, g). En fonction de la position de la tour de commande des vannes, on distingue : les ouvrages à tour avancée, disposée au pied amont (fig.27, c) ; les ouvrages à tour disposée au milieu du talus amont (fig.27,b) ; les ouvrages à tour située sur le couronnement de la digue (fig.26, b) ou du côté du talus aval.

La galerie de l'ouvrage de prise d'eau ou de vidange tubulaire est, soit intégralement utilisée comme canalisation d'évacuation, soit elle peut abriter les conduites d'évacuation de débits d'exploitation (fig.26, f, g). Le tronçon d'entrée de la prise d'eau tubulaire (de l'ouvrage d'entrée jusqu'à la chambre des vannes), dans la plupart des cas d'exploitation, fonctionne en régime en charge. Par contre les tronçons : intermédiaire et terminal peuvent fonctionner en charge ou à surface libre. L'analyse de l'expérience d'exploitation des prises tubulaires a montré, que :

- Le régime de fonctionnement le plus favorable du tronçon intermédiaire est le régime à surface libre. Il permet d'éviter les régimes transitoires défavorables et d'alléger les conditions de sollicitation des parois et des joints de la galerie ;
- Le régime en charge peut être rationnel dans le cas de disposition de conduites en acier ou en béton armé dans les galeries. Dans ce cas, les galeries peuvent être utilisées en période d'exploitation pour l'entretien et l'inspection des conduites. L'admission du fonctionnement en charge des galeries elles-mêmes, s'accompagne de complexité et d'enchérissement considérables de leur construction ;
- La variante de disposition de la tour de commande au pied amont est la plus adaptée, car elle permet de rétrécir jusqu'au minimum la longueur du tronçon d'ouvrage en charge difficilement visitable.

Dans les aménagements hydrauliques à faible et moyenne chute on prévoit d'habitude des prises d'eau à tour, indépendamment du fait que, l'ouvrage soit constitué de galeries d'évacuation en béton ou de conduites en acier, disposées dans les galeries sèches en béton. Une telle construction s'avère plus efficace sur le plan de l'exploitation. Dans les aménagements hydrauliques à grande chute, la disposition de

la tour en béton armé est liée à certaines difficultés techniques, parmi lesquelles les plus importantes sont : la masse considérable de la tige de suspension des vannes et leur instabilité lors du travail en compression axiale en cas de nécessité. A cet effet, sur la base de l'analyse technico-économique, on examine les variantes constructives suivantes :

- Construction d'une haute tour à puits sec et toit géométrique couvrant la chambre des vannes dont les manœuvres peuvent s'effectuer à l'aide d'équipements hydromécaniques de levage ;
- Construction d'ouvrage de prise d'eau sans tour, mais avec chambre des vannes et de manœuvre souterraine. Dans ce cas, chaque branche de conduite (ou chaque galerie) est commandée par trois vannes : vanne de garde (ou batardeau)-vanne tout ou rien ; vanne à disque -vanne de sectionnement ; robinet à jet creux ou vanne à pointeau- vanne de réglage.

Dans les retenues à régularisation pluriannuelle les ouvrages de prise d'eau sans tour peuvent posséder en leur tête une estacade évidée (fig.26, e ; fig.27, b), par laquelle glissent les vannes de garde. Le haut de l'estacade est disposé à une côte non submersible.

Dans des cas isolés, il est plus aisé de concevoir des ouvrages de prise d'eau sans tour avec accès à la chambre des vannes par galerie spéciale immergée disposée dans le talus amont ou sur le versant de la retenue (fig.28, a).

L'épaisseur des parois en béton et du fond des ouvrages de prise d'eau et de vidange est fixée sur la base du calcul de leur stabilité et résistance sous l'action de toutes les charges de calcul. A cet effet il faut prendre en considération le gradient admissible d'infiltration des parois en béton fixés selon les normes (10 à 12, mais inférieur à 20). Le plus souvent, pour éviter la construction de parois massives, il est nécessaire de revêtir les surfaces externes des galeries en béton et de la tour de couche d'isolation hydrofuge (bitume, asphalte, résine d'époxy, etc.) ou de les protéger par une couche de sol argileux. Dans le corps de la digue, il est utile de prévoir des drains de décharge verticaux et horizontaux (fig.26, d), diminuant ainsi les ordonnées de la ligne de saturation à la fin de la zone de l'ouvrage de prise d'eau et de vidange. Dans le but d'assurer la stabilité du régime d'écoulement à surface libre dans le tronçon intermédiaire de l'ouvrage, immédiatement après la tour, il y a lieu de prévoir dans l'espace situé à l'aval des vannes, la construction d'un reniflard destiné à l'aération de la surface libre de l'écoulement.

Les formes de l'organe d'entrée, des rainures de guidage des vannes, des différents éléments de la chambre des vannes et du tronçon intermédiaire sont choisies en fonction des résultats de prédiction du processus de cavitation. Les organes d'entrée de l'ouvrage de prise d'eau et de vidange des petites retenues peuvent être de construction simple (fig.27, a ; fig.28, b à e). Les différentes variantes possibles de construction de l'organe de tête des prise d'eau et vidange sont représentées par les figures 27 et 28, tandis que les variantes de tour par la figure 29.

Les organes terminaux des ouvrages tubulaires de prise et de vidange sont construits en tenant compte des exigences et recommandations (fig.30 et fig.31).

Les ouvrages de prise et de vidange des étangs et petites retenues avec conduite en charge peuvent être équipés à leur sortie de dispositif de faibles dimensions pour la dissipation d'énergie du courant liquide sortant de la conduite.

Les variantes possibles de tels dissipateurs sont représentées par les figures 30, a, b et 31, b. La dernière construction, de type « bassin d'impact », peut fonctionner même lorsqu'il y a absence d'eau en aval.

Si l'ouvrage tubulaire de prise d'eau et de vidange, construit sur fondation peu résistante est équipé en son extrémité d'une vanne à cône de fermeture, il y a lieu de disposer d'une chambre spéciale de dissipation d'énergie et ce en vue d'éviter les affouillements dangereux près du talus aval, ainsi que l'érosion du talus lui-même par l'éclaboussure de la masse d'eau (fig.31, a).

Le nombre nécessaire de galeries de l'ouvrage de prise et de vidange est établi sur la base de calculs hydraulique et technico-économique. Dans la plupart des cas, le nombre de galeries ne dépasse pas deux. Pour l'estimation du nombre nécessaire de galeries il faut également tenir compte des considérations liées à l'évacuation de la crue de chantier.

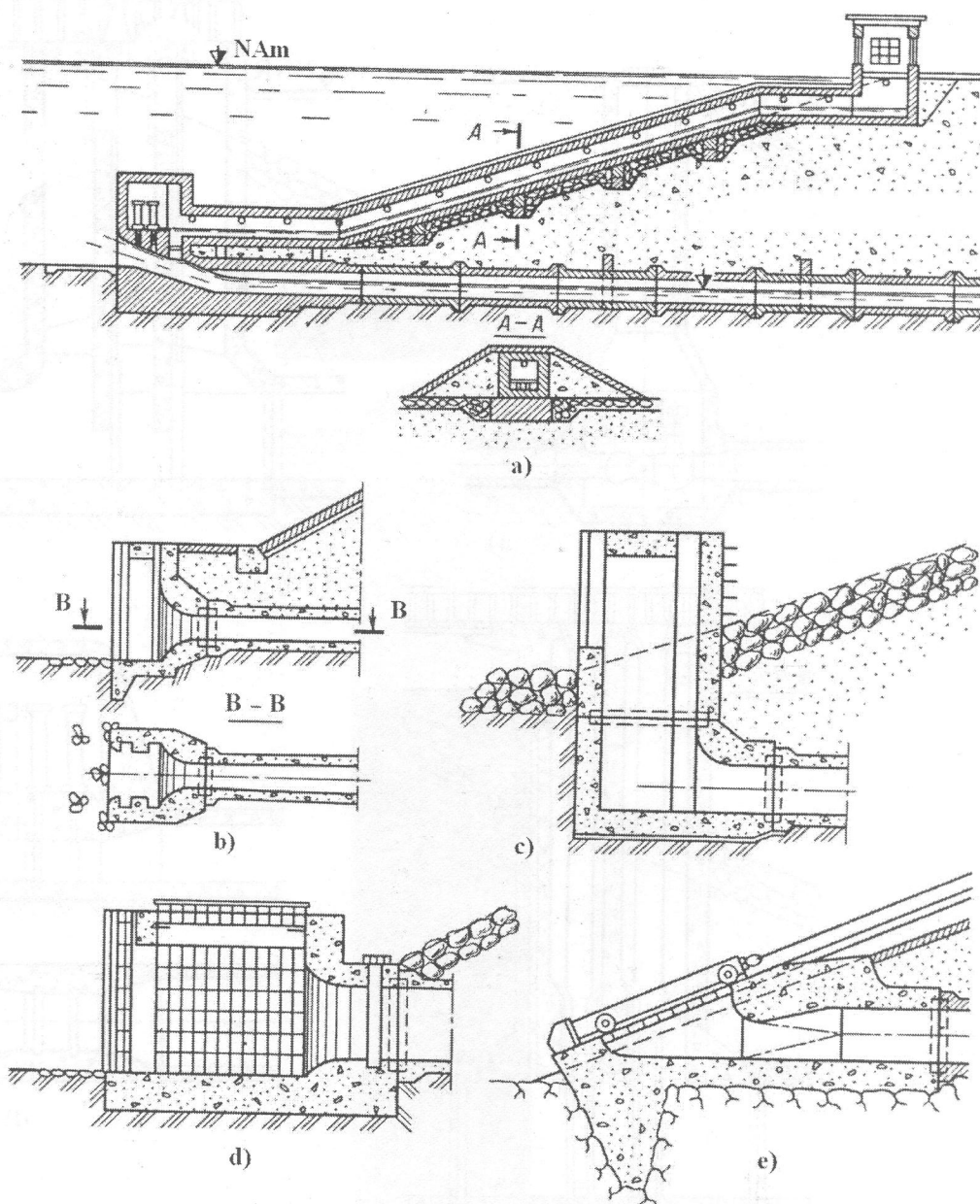
Afin d'éviter le comblement de l'ouvrage de prise d'eau et vidange par les corps flottants, l'organe d'entrée est généralement équipé de grilles et de dégrilleurs.

Pour lutter contre l'infiltration de contact sol-paroi de l'ouvrage, on prévoit des écrans anti-renard disposés au niveau des joints de déformation de la canalisation d'évacuation. L'étanchéité des joints, leur nombre et position doivent satisfaire à l'exigence d'amélioration de leur efficacité. A cet effet, on réalise souvent deux rangées d'étanchéité- principale et de secours. Un soin particulier doit être accordé à l'étanchéité des conduites en charge difficilement visitables.

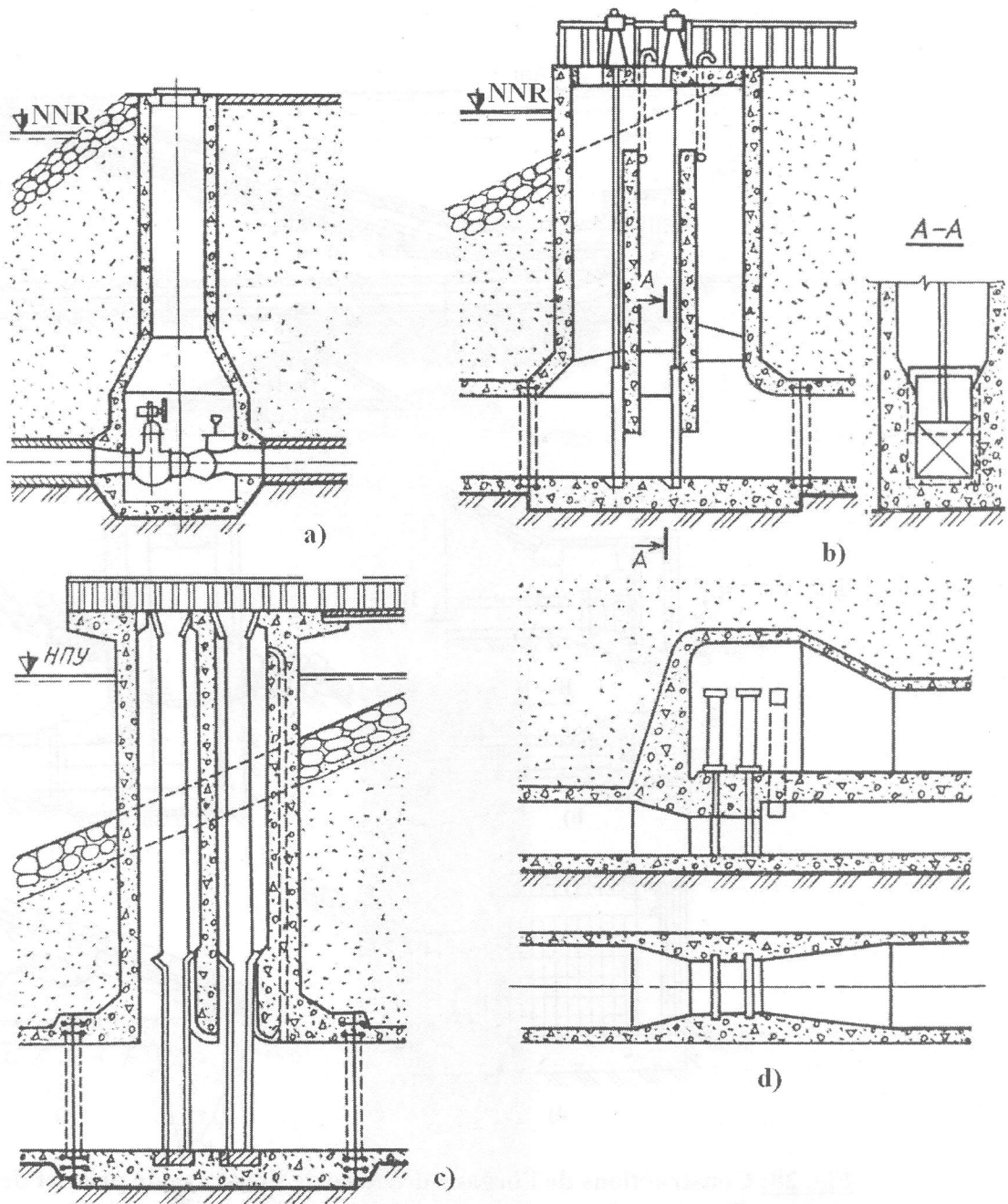
Pour les retenues destinées à l'eau potable, le souci de garantir le prélèvement d'une eau propre et claire, oblige de disposer d'une tour de prise étagée. Les orifices de prélèvement (équipés de grilles et de vannes autonomes) disposés à différents niveaux sont reliés par une conduite qui transporte l'eau prélevée vers les stations de traitement ou de pompage éventuellement (fig.27, c).

Pour la fixation des dimensions constructives de l'ouvrage de prise d'eau et de vidange, il faut tenir compte des exigences dictées par les considérations d'exploitation et de construction : durant toute la période de service de l'ouvrage, un passage convenable dans la galerie doit être assuré pour l'inspection et les travaux d'entretien et de maintenance de l'ouvrage ; le fond de la galerie doit avoir une pente permettant de garantir l'évacuation des débits de chantier en écoulement à surface libre ainsi que la vidange de l'ouvrage dans le cas de fermeture des vannes, de l'infiltration à travers les joints.



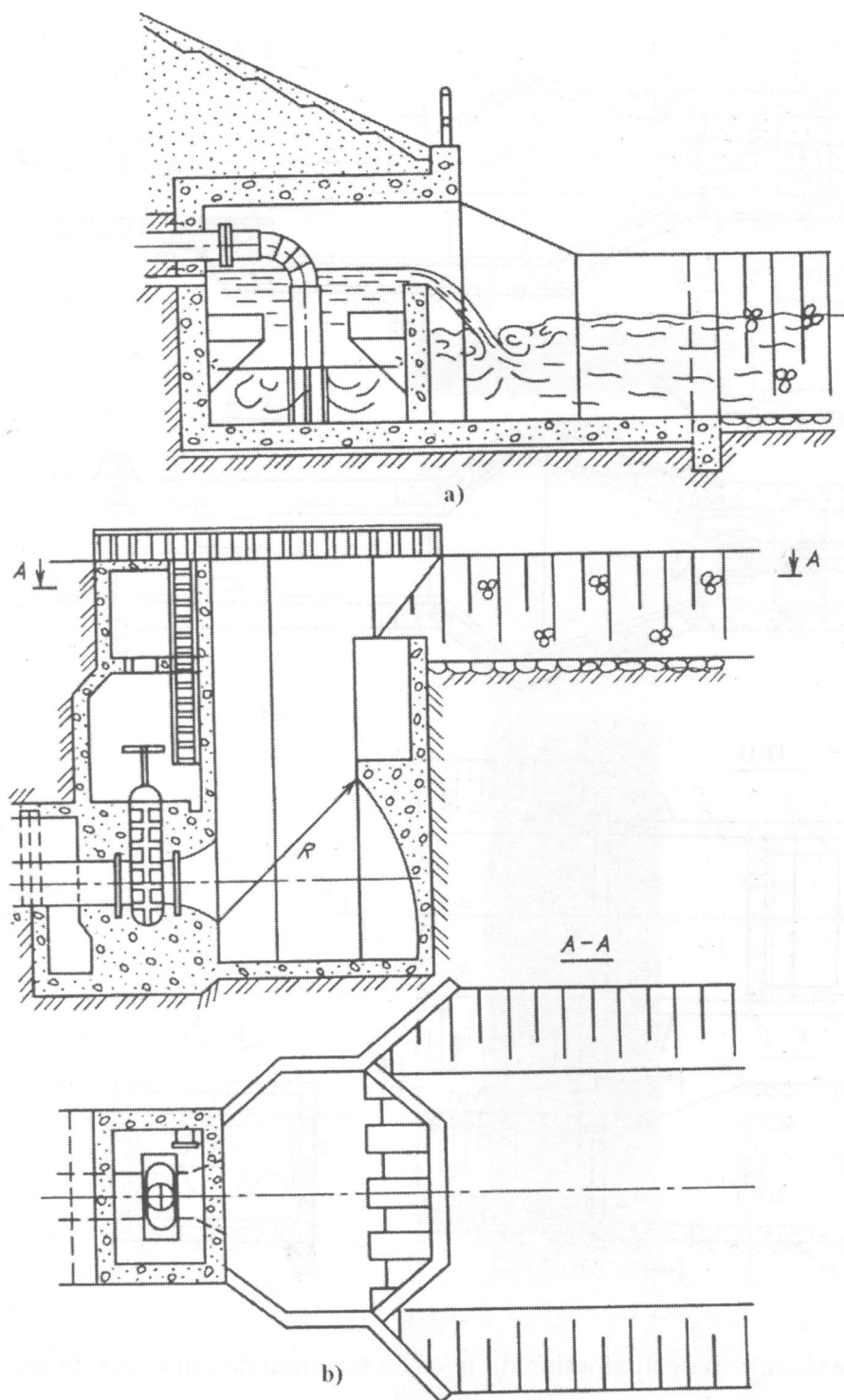


**Fig. 28:** Constructions de l'organe d'entrée de l'ouvrage de prise et de vidange :  
 a)-prise d'eau sans tour avec accès à la chambre de commande des vannes par une galerie spéciale disposée dans le talus amont ; b)-d)-prise d'eau ; e)-prise d'eau avec vanne se déplaçant sur rails inclinés sur le talus.

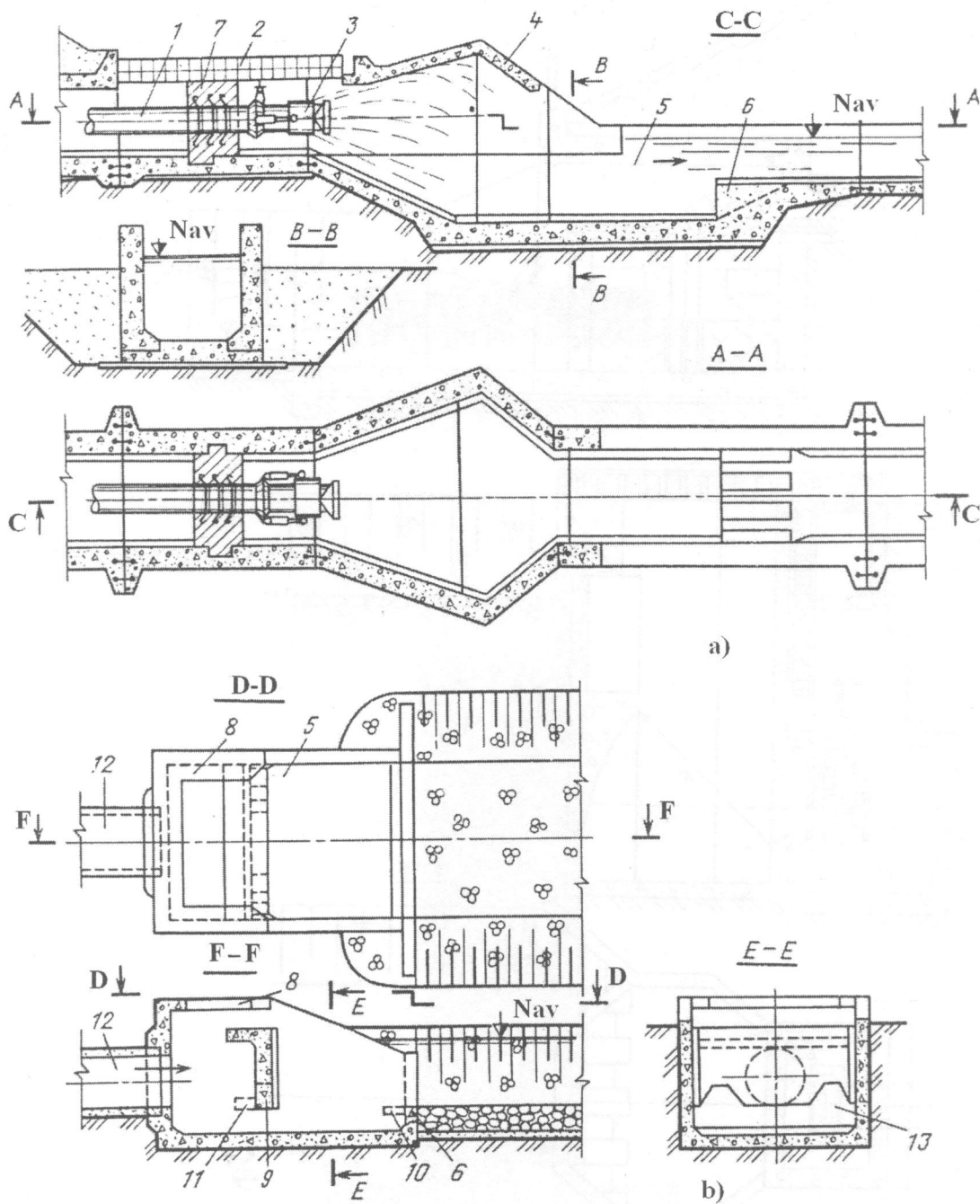


**Fig. 29: Variantes de disposition des tours et des salles de commande des vannes:**  
 a)-avec vanne plane ; b)-avec deux parois intermédiaires possédant en haut des orifices de déversement libres ; c)-avec paroi-diaphragme et vannes principale et de secours ; d)-sans tour et avec galeries d'évacuation double étagées, la galerie supérieure destinée à l'exploitation des vannes, la galerie inférieure à l'évacuation des débits.





**Fig. 30:** Variantes de construction de l'ouvrage terminal des prises et vidanges à conduites en charge :  
a)-avec chambre de dissipation et seuil déversant; b)-avec chambre ascendante de dissipation



**Fig. 31:** Variantes de chambres de dissipation du tronçon terminal de l'ouvrage de prise et de vidange :

a)-chambre avec conduite équipée de robinet vanne à jet creux ; b)-chambre d'impact ;  
1-conduite en charge dans la galerie ; 2-enceinte ; 3-robinet vanne à jet creux ; 4-visière ;  
5-chambre de dissipation ; 6-seuil terminal ; 7-massif d'encrage en béton ; 8-visière polygonale ;  
9-poutre en forme de cornière (dissipateur à impact de jet) ; 10,11-aile et visière supplémentaires ;  
12-conduite forcée en béton ; 13-orifices dans la poutre en cornière destinés à uniformiser le débit unitaire dans le bief aval.

#### **IV-2 Ouvrages de prise et de vidange à galerie**

Ce type d'ouvrage est utilisé en présence de roche relativement résistante sur leur tracé (fig.26, b). Les exigences et recommandations utilisées plus haut pour les ouvrages tubulaires conviennent en majorité aux ouvrages à galerie. Ces ouvrages peuvent également être conçus sans ou avec tour, en charge ou à surface libre, avec ou sans conduite. Les ouvrages à galerie peuvent fonctionner sous différents régime d'écoulement, y compris le régime en charge.

L'axe des ouvrages à galerie, comme celui des évacuateurs de même type doit tendre vers un tracé rectiligne dans le plan. Cela concerne plus particulièrement les tronçons à écoulement libre. La hauteur de l'espace aéré au dessus de la surface d'eau dans les galeries (conduites) à écoulement permanent à surface libre de vitesse ne dépassant pas 10m/s ne doit pas être inférieure à 0,4m. Les écoulements à grande vitesse favorisent le développement de la cavitation. Dans le cas d'envasement considérable de la retenue et de, dépôt de sédiments dans la galerie, le revêtement intérieur de cette dernière doit être constitué de matériaux spéciaux possédant une résistance élevée à l'abrasion.

**BIBLIOGRAPHIE :**

- P.G. KICELEV (1975)- Mémento de calculs hydrauliques (en russe), Moscou-Energuya ;
- M.M. GRICHINE (1979)- Ouvrages hydrotechniques (en russe) T. 1,2, Moscou-Vischaya chkola ;
- Guide du concepteur d'ouvrages hydrotechniques (en russe) (1983)- Moscou-Stroïzdat ;
- N.P. ROZANOV (1985)- Ouvrages hydrotechniques (en russe), Moscou-Agropromizdat ;
- R.R. TCHOUGAEV (1985)- Ouvrages hydrotechniques (en russe) T. 1,2, Moscou-Agropromizdat ;
- I.I. KIRIENKO, Y.A. KHIMERINE (1987), Ouvrages hydrotechniques- conception et calcul (en russe), Moscou- Vischaya chkola ;
- M. HASSANE (1991), Guide méthodologique du calcul hydraulique de l'évacuateur des crues à entonnement frontal, Blida ENSH ;
- M. HASSANE (1991), Guide méthodologique du calcul hydraulique de l'évacuateur des crues à entonnement latéral, Blida ENSH ;
- G.M. KAGANOV (1994)- Ouvrages hydrotechniques (en russe), Moscou-Energoatomizdat ;