SOCIÉTÉ HYDROTECHNIQUE DE FRANCE

Comité technique — Session n° 128 — Paris — 12 et 13 juin 1985

CERTAINS ASPECTS DE L'HYDROÉLECTRICITÉ DE FAIBLE PUISSANCE
QUELQUES ÉTUDES DE CAS DE TRANSITOIRES HYDRAULIQUES

Projets et matériels standards pour petits aménagements hydrauliques de 10 à 20 m de chute

*Standardized design and units
for small hydroprojects 10 to 20 m head*

M. Bassereau

Electricité de France
Service de la Production hydraulique

La communication décrit les dispositions standards qui ont été adoptées pour équiper un certain nombre de chutes de caractéristiques voisines (en moyenne : $H = 15$ m $Q = 15$ m³/s) :

- *barrage à voûtes multiples et à contreforts. Entre les contreforts, les groupes sont installés dans des cellules, situées sous le déversoir.*
- *groupes à conduits hydrauliques en « S », turbine Kaplan, générateur hors conduit situé à l'amont, équipés d'une vanne aval.*
- *équipement de commande — contrôle à base d'automates programmables industriels.*

Les chutes de l'Âge et de Champsanglard (La Creuse) fonctionnent actuellement sur ces principes. La communication traite également des performances.

This paper describes the standard arrangements adopted to equip a number of falls with similar characteristics (average $H = 15$ m, $Q = 15$ m³/s).

- *multiple-arch buttress dam. Between buttresses, the plants are installed in cells located under the spillway;*
- *plants with hydraulic lines in "S", Kaplan turbine, off-line generator located upstream equipped with a downstream valve;*
- *control equipment — based on industrial programmable controllers.*

The falls on the Age and Champsanglard (the Creuse) presently operate on these principles. The paper also describes the performance characteristics.

Projets et matériels standards pour petits aménagements hydrauliques de 10 à 20 m de chute

En général, un aménagement hydroélectrique diffère d'un site à l'autre, tant sur le plan du génie civil que sur celui du matériel installé. Pour tirer le meilleur parti des caractéristiques topographiques et énergétiques de l'endroit choisi, le concepteur est conduit dans chaque cas à exécuter des études détaillées et coûteuses, à installer des matériels spécifiques dans un cadre adapté, et à réaliser les travaux avec un programme non sanctionné par l'expérience.

Toutefois, l'équipement des rivières avec des chutes en série peut se prêter à une certaine standardisation, si le nombre des sites possibles est suffisant.

D'après une enquête lancée en 1977 par le Service de la Production Hydraulique d'E.D.F., les sites à équiper autour d'un couple hauteur de chute/débit de valeur moyenne grossière $15\text{m}-15\text{m}^3/\text{s}$ sont assez nombreux sur le territoire Français. Il a alors paru intéressant d'étudier une standardisation dans les trois domaines :

- barrage-usine,
- matériel de production,
- contrôle-commande.

L'expérience des années 60 où huit aménagements $15\text{m}-7\text{m}^3/\text{s}$ avaient été réalisés sur la MAULDE, la CERE et le CHER a été mise à profit, ainsi que celle plus récente de la ROCHE-BAT-L'AIGUE sur la CREUSE (1975).

Le premier aménagement standard de cette gamme concerne l'usine de L'AGE (19,80m - $3 \times 15\text{m}^3/\text{s}$), sur la CREUSE, mis en service en 1981.

Le principe a été reconduit à CHAMPSANGLARD (18,90m - $3 \times 15,1\text{m}^3/\text{s}$) mis en service en 1984, et aux CHEZELLES (18,30m - $3 \times 15,3\text{m}^3/\text{s}$) en construction.

Fig.1 - Usine de L'AGE, sur la CREUSE.

LE BARRAGE - USINE

La figure 2 montre la disposition générale des ouvrages pour l'usine de L'AGE.

Le barrage retenu est un barrage à voûtes multiples, avec des contreforts au pas de 15m. Le déversoir, équipé ou non de clapets, recouvre des cellules délimitées par ailleurs par les voûtes amont, les contreforts et une fermeture aval de protection contre les crues.

Le rocher à l'intérieur des cellules est drainé par un lit de béton poreux et des drains forés dans ce rocher.

Les bétons intérieurs n'ont aucune liaison avec les contreforts afin de ne pas leur transmettre d'éventuelles sous-pressions. Dans ces conditions, le calcul aux éléments finis ne tient pas compte de ces sous-pressions.

Figure 2.

Chaque cellule peut contenir deux groupes. Outre la disposition, ont également été standardisés les principes et dimensions énumérés ci-après :

- Les contreforts ne comportent pas de joint de construction. Leur épaisseur est de 1,30 m.

Le principe de construction de l'épure d'un contrefort est indiqué sur la figure 3. La hauteur H_a dépend du calage donné par le turbinier à sa machine.

Le ferrailage comporte :

- . une poutre de 2m de haut ferrillée à 1% au niveau des fondations.
- . une zone de 0,50m ferrillée à 1% le long des appuis des voûtes et du déversoir.
- . 20 kg/m³ ailleurs en section courante.
- . des armatures transversales destinées à éviter un "feuilletage" que pourraient entraîner des glissements dans ce sens du déversoir sur ces appuis.
- . les transitions et renforcement locaux nécessaires, y compris pour les phases provisoires de chantier (poussées dissymétriques, utilisation en batardeau...).

Fig.3 - Epure de définition d'un contrefort.

- les voûtes amont sont définies dans la figure 5, ainsi que le principe de leur liaison avec les contreforts et avec le déversoir.

Entre les massifs de prise d'eau, ces voûtes sont encastrées dans des voûtes épaisses (2,50m) d'axe vertical.

Le ferrailage comprend :

- 55 kg/m³ sous forme de quadrillage sur chaque face,
- 1% le long des contreforts et de la fondation,
- les transitions et renforcements locaux nécessaires.

Fig. 4 - Voûtes et prises d'eau, vue amont.

Fig. 5 - Croquis d'une voûte
- Le déversoir comporte de l'amont vers l'aval :

- un profil Creager.
- une pente de 18%, abaissable à 10% pour les barrages de faible hauteur afin de conserver la possibilité de manutention extérieure.

- une amorce de saut de ski.

La lame déversante est fractionnée par des becs à profil triangulaire implantés à l'aval du déversoir.

Le coefficient de débit, déterminé sur modèle réduit, est de :

- 0,40 pour pente de 10%
- 0,42 pour pente de 18%.

Le déversoir peut comporter des clapets, dans le cas où on veut éviter une surélévation du plan d'eau en temps de crue.

Clapets abaissés, le coefficient de débit est de l'ordre de 0,43.

Ces clapets sont commandés par un servomoteur télescopique implanté dans l'axe d'un contrefort.

Fig. 6 - Déversoir en cours de construction.

- La fermeture aval est constituée par un mur au droit de chaque cellule, encastré dans le massif de scellement des aspirateurs, et surmonté par une passerelle à la cote des plus hautes eaux aval.

Ce mur ne transmet pas d'efforts aux contreforts, auxquels il est relié par un joint waterstop.

Au-dessus de la passerelle, la fermeture est assurée par des portes protégeant les machines contre les embruns du déversement et munies de volets pour l'aération.

- La manutention est réalisée autant que faire se peut à l'extérieur, c'est-à-dire par un chariot accroché à des monorails situés au-dessus de la passerelle aval et fixés sous le bec du déversoir. Au droit des cellules, un deuxième chariot assure le changement de direction à la perpendiculaire sur des monorails axés sur les organes à manutentionner.

Cette disposition rencontre ses limites en fonction de la hauteur du barrage et de la remontée maximale du niveau aval qui fixe la cote de la passerelle. La manutention est alors assurée par un système de monorails intérieurs, avec de larges ouvertures dans les contreforts pour passer d'une cellule à l'autre (disposition retenue à LA ROCHE-BAT-L'AIGUE).

Dans la version extérieure, le crochet dessert les vannes aval par des trémies réservées à travers la passerelle de circulation.

La capacité de levage est de 160 kN. La hauteur minimale entre le plan de fixation des rails longitudinaux et la passerelle qui permet la manutention extérieure sans sujétion particulière est de 7,05 m. Il est possible de descendre à 6,75 m en prévoyant, sur l'aire d'accès, une fosse avec rampe pour le chargement sur fardier de l'alternateur.

La réalisation des travaux a également fait l'objet d'une recherche de standardisation dans la méthode et le phasage employés. Ceci doit permettre de reconduire le planning d'une opération à l'autre, et d'éviter ainsi bon nombre d'aléas sur les délais de réalisation.

Les expériences précédentes ont conduit à retenir pour CHAMPSANGLARD et les CHEZELLES les dispositions suivantes, tout au moins dans leurs grandes lignes (voir figure 7).

Phase 1. A l'abri d'un batardeau phase 1, réalisation en rive gauche des contreforts C₂ et C₃, et début de prise d'eau G1, de la prise d'eau vidange, de la voûte 2.3. Mise en place des moyens de batardage amont pour la phase 3).

Pendant cette phase, l'eau est évacuée en rive droite. Le batardeau 2ème phase est également construit (double rideau de palplanches avec remplissage, incorporant le contrefort C₃).

Phase 2. L'eau est évacuée en rive gauche à l'emplacement de la future vidange de fond. A l'abri du batardeau 2ème phase, pratiquement l'ensemble du génie civil rive droite est exécuté. Parallèlement, le génie civil rive gauche commencé en phase 1 est poursuivi en altitude. Le déversoir fait partie de cette phase. Le matériel installé (vannes - conduits - turbines...) permettra la dérivation contrôlée du débit pour la phase suivante.

Fig. 7 - Phases de chantier.

Phase 3. L'eau est dérivée par 1 ou 2 conduits hydrauliques de groupes, équipé(s) de la turbine ou d'une fausse pièce.

L'opération la plus importante de cette phase est la réalisation de la vidange de fond, à l'abri du batardage phase 3.

LE MATERIEL ELECTROMECHANIQUE

TURBINE

Le conduit hydraulique

Logé dans le massif de la tour de prise, un batardeau amont permet d'isoler le conduit hydraulique pour visite et entretien.

Commandé par vérin immergé double effet 150 bars, il est maintenu en position et manoeuvré manuellement à partir de la centrale à huile de la vanne aval.

Il obture un puits de 2,25 x 2,4 m, et ne peut manoeuvrer qu'en milieu équilibré. Si le maintien en position ouverte n'est pas assuré, un contact provoque la fermeture de la vanne aval, et donc l'arrêt du groupe.

Le conduit hydraulique comprend, de l'amont vers l'aval :

- un entonnement rectangle rond de 2,4 m,
- un tronçon horizontal de 2,4 m de diamètre,
- un coude convergent de $\varnothing$ 2,4 à 1,9 m,
- un tronçon rectiligne incliné $\varnothing$ 1,9 m qui se raccorde par coquilles extérieures soudées sur le conduit coudé de la turbine.

L'épaisseur a été fixée à 10mm. Ce conduit coudé est autoporteur entre le massif de prise d'eau amont et le massif de scellement de la turbine, qui reprennent les efforts thermiques et hydrauliques. Si l'encombrement le permet, il peut être incliné par rapport à la verticale, de façon à faciliter la manutention du générateur, qui est situé sous le coude amont.

La turbine KAPLAN

Caractéristiques principales (CHAMPSANGLARD)

- Hauteur de chute nette garantie : 17,6 m
- Débit maximal sous cette chute : 15,1 m³/s
- Puissance garantie : 2 330 kW
- Vitesse de rotation : 428 tr/mn
- Vitesse à l'emballlement : 1 120 tr/mn
- Débit à l'emballlement (estimé) : 25,5 m³/s
- Vitesse spécifique Ns (kW) : 573
- Niveau amont normal : 298 NGF
- Niveau aval à débit nul : 279,10 NGF
- Calage axe de la roue : 275,50 NGF
- Inertie turbine : 0,2 t.m²
- Inertie du groupe : 6,78 t.m²
- Masse (turbine + support) : 15 t env.

Le constructeur NEYRPIEC a développé depuis, autour de cette machine une gamme complète (Fig.8), avec plusieurs dimensions de couples pales/moyeu. On peut y remarquer que la machine de CHAMPSANGLARD est caractérisée par :

- un diamètre de pales de 1 500 mm,
- un moyeu type 640.

Fig. 8 - Gamme NEYRPIEC des Groupes en "S"

Description - particularités

La turbine est du type KAPLAN, à axe horizontal, distributeur fixe convergent (6 aubes), pales variables (4 pales).

- Le manteau est lié rigidement à la bride aval du distributeur et est conçu pour pouvoir s'escamoter dans l'aspirateur auquel il est relié par une bride coulissante. La roue et le joint d'arbre sont ainsi facilement visitables.

- La roue comporte 4 pales en cupro-aluminium et un moyeu en acier avec système d'orientation des pales incorporé; la pression dans le moyeu est voisine de la pression atmosphérique. Deux joints tête-bêche séparés par une chambre de décompression assurent l'étanchéité des tourillons de pales.

- Les pales sont actionnées par un vérin placé dans l'arbre turbine. Ce vérin est alimenté par une boîte à alvéoles, malgré la vitesse de rotation de 428 tr/mn.

- L'arbre turbine est réalisé en deux parties assemblées par des goujons. L'arbre est supporté par deux paliers à roulements lubrifiés à huile :

- . un palier-butée amont extérieur au conduit,
- . un palier aval.

L'huile est injectée au niveau du palier aval et se refroidit par circulation entre l'arbre et un fourreau, à l'intérieur du conduit, avant d'être récupérée au niveau du palier butée amont. Le fourreau est désaccouplé du conduit pour éviter la transmission de vibrations.

- L'étanchéité d'arbre est réalisée par un joint plan CESTIDUR sans arrosage. Deux joints tête-bêche complètent l'étanchéité eau-huile, et évitent des entrées d'eau dans l'huile en cas de grave détérioration du CESTIDUR.

- L'aspirateur, à génératrice inférieure horizontale, est blindé jusqu'à une section où la vitesse est de 4,5 m/s pour le débit nominal.

- La centrale à huile (pression 50 bars) est commune à la commande des pales et au graissage des paliers.

L'ensemble est monté en atelier, mais un contrôle de la ligne d'arbre et un éventuel réglage sur site sont nécessaires, après bétonnage. Les opérations de montage au chantier sont néanmoins très courtes.

On contrôle :

- . la température de l'huile,
- . la circulation d'huile par détection de pression au retour,
- . les niveaux du bac à huile,
- . le bruit des roulements du palier amont (périodiquement).

Fig. 9 - Ensemble de la turbine.

La vanne aval associée

La vanne aval du type wagon à double étanchéité, à commande par vérin à huile obture un pertuis de 2,85 x 2,85 m, à l'extrémité aval de l'aspirateur.

Cette disposition est économiquement justifiée par rapport à une vanne papillon amont, et présente également l'avantage de moins perturber l'écoulement lors des manoeuvres.

Cette vanne participe au couplage du groupe, sert de batardeau pour l'entretien et doit, par son propre poids, couper les débits normaux et exceptionnels (les pales de roue, en position fermée, laissent encore passer un débit de l'ordre de 4 m³/s).

Le ou les vérins de manoeuvre peuvent être placés dans le tablier.

Fonctionnement

La mise en marche et l'arrêt du groupe se font par la vanne aval.

Fig. 10- Conduit amont et turbine, non raccordés

A partir d'un signal extérieur (asservissement au niveau - consigne d'exploitation), un calculateur qui connaît la loi donnant le débit en fonction de la hauteur de chute et de la puissance élabore une consigne de puissance. Il calcule la puissance toutes les minutes, envoie des ordres à l'électrodistributeur 3 voies O/F de commande des pales, et réalise ainsi l'asservissement au débit et le rattrapage des fuites aux alvéoles. On s'affranchit ainsi de la détection mécanique de la position des pales. (Cette disposition est applicable pour une machine reliée à un réseau interconnecté qui fixe sa vitesse).

L'arrêt normal ou sur défaut mécanique est obtenu par fermeture de la vanne aval dont un contact déclenche au passage la machine électrique, avec confirmation par un relai de puissance nulle.

Pour l'arrêt sur défaut électrique, le déclenchement de la machine électrique est simultané avec l'ordre de fermeture de la vanne aval. Le groupe part alors systématiquement à l'emballlement. Il est conçu pour pouvoir y fonctionner indéfiniment.

Sécurité - des sondes sont prévues pour :

- . l'échauffement anormal des bobinages,
- . l'échauffement de l'huile butée,
- . le manque d'huile dans les centrales à huile,
- . le manque de pression d'huile de graissage,

Des protections sont prévues pour :

- . le temps d'arrêt trop long du groupe,
- . un temps de couplage trop long,
- . un temps d'ouverture ou de fermeture de la vanne aval trop long.

GENERATEUR

Choix

Ce sont des considérations économiques qui ont fait préférer un générateur 428 tr/mn, le bilan tenant compte du prix et du rendement d'un multiplicateur étant défavorable.

De même, la solution alternateur s'est révélée environ 8% moins chère que la solution génératrice asynchrone avec condensateurs de compensation.

Caractéristiques

- Tension nominale aux bornes : 5,65 kV
- Facteur de puissance nominal : 0,95
- Masse : 15 tonnes
- Type protégé : IP 23
- Largeur de l'entrefer à froid : 9 mm.

Fig. 11 - Diagramme de puissance active-réactive

Description

L'alternateur est relié à la turbine par un accouplement. Les paliers sont du type lisse à bague auto-lubrifiés et auto-réfrigérés. La ventilation se fait par circulation d'air en circuit ouvert. Le système d'excitation est composé d'un alternateur inversé et de diodes tournantes.

L'excitatrice est commandée à partir d'un système à deux positions ajustables, permettant d'obtenir soit la tension nominale à vide, soit la tension nominale en charge, pour la puissance et le $\cos \varphi$ nominaux.

Le circuit magnétique du stator est constitué de tôles 1,3 W/kg à 1 tesla-épaisseur 0,5 mm, isolées sur les deux faces par procédé ALKOPHOS. Une imprégnation globale est effectuée après bobinage.

Les pôles du rotor sont démontables. Ces pôles sont fixés par queues d'aronde et clavette biaise, sur un moyeu faisant partie de l'arbre. Les amortisseurs formant grille, non reliée de pôle à pôle, sont conçus pour éviter l'électro-érosion.

L'appareillage de contrôle et de sécurité comprend :

- 3 sondes 100 Ω à 0°C entre sections du bobinage stator,
- 1 niveau d'huile à contact dans chaque palier.

Pour une température moyenne de l'air à l'entrée de l'alternateur inférieure ou égale à 50°C, l'échauffement moyen dans le cuivre est

limité à : 80°C pour le stator,
75°C pour le rotor.

DIVERS

Equipements de contrôle-commande

La structure décrite ci-après concerne les usines alimentées par un barrage déversant, comprenant éventuellement un ou plusieurs vannes de restitution, équipées de groupes de puissance unitaire inférieure ou égale à 4 MW, prévues pour un fonctionnement automatique sans personnel permanent de conduite.

Evacuation de l'énergie

Les groupes, équipés de génératrices synchrones (ou éventuellement asynchrones) débitent sur un jeu de barres, généralement MT, relié au poste MT/HT de raccordement au réseau public par une ligne directe sans clientèle.

Exploitation de l'usine

Pour faire face aux contraintes suivantes qui sont, en totalité ou en partie, inhérentes à ce type d'usines :

- . fonctionnement automatique,
- . respect d'un niveau amont,
- . obligation d'une restitution aval,
- . recherche d'une exploitation optimale,

les modes d'exploitation ci-après sont prévus :

- . marche au fil de l'eau,
- . éclusées avec ou sans placement d'énergie,
- . marche au programme.

Il est prévu une possibilité de télétransmission de quelques valeurs ou états caractéristiques de l'aménagement vers un point d'exploitation.

Structure de contrôle-commande

Le contrôle-commande est construit selon un système hiérarchisé avec un automate programmable industriel par groupe, un automate central pour la conduite de l'usine et un automate pour la consignment d'états.

Les auxiliaires "alternatif" sont alimentés par un transformateur MT/BT.

Les auxiliaires "continu" sont alimentés par une batterie Nickel-Cadmium 48 Volts.

Les auxiliaires de contrôle secours "alternatif" le sont, à partir de la batterie, par un onduleur.

Enfin, un petit diesel permet s'il y a lieu des manoeuvres sur les organes de barrage.

Principes généraux du "contrôle-commande"

Les automates

L'automate de groupe assure le séquentiel de démarrage et d'arrêt du groupe et la commande de la vanne associée. Si cet automate est indisponible, il n'y a pas de commandes de secours mais tous les automates sont identiques et facilement interchangeables. Il existe une chaîne de sécurité, indépendante de l'automate, réalisée de façon simple en relayage électromagnétique (quelques relais) mettant le groupe à l'arrêt en cas de défaut de la machine ou de l'automate. Un groupe peut fonctionner à consigne fixe (ou sur la dernière consigne reçue) sur son seul automate de groupe.

L'automate de conduite assure toutes les fonctions nécessaires à la conduite de l'usine :

- régulation de niveau,
- répartition de débit des groupes,
- asservissement de position des groupes,
- placement d'énergie,
- programmation,
- gestion des auxiliaires généraux de l'usine y compris les vannes de restitution.

L'automate de consignment d'états, en plus de la fonction d'enregistrement daté des défauts, édite un livre de bord sommaire de l'aménagement.

Pour les aménagements très simples (peu de groupes, fonction conduite réduite), l'automate de conduite usine remplit également la fonction consignment d'états.

Réalisation matérielle

Les liaisons interautomates sont des liaisons informatiques réduisant l'importance du câblage.

Une armoire unique par groupe contient l'automate programmable, des relais de protection et la chaîne de sécurité.

Tous les matériels sont standard sans contraintes spéciales de fonctionnement, et fournis par des constructeurs en général qualifiés par E.D.F.

La programmation des automates est faite par l'Unité qui en assurera l'exploitation. Un catalogue de programmes standard est établi couvrant la partie commune de toutes les fonctions à remplir.

Manutention

Une double poutre de roulement est accrochée sous le coursier du déversoir, à son extrémité aval et court tout le long de la centrale, au-dessus d'une passerelle. Au droit de chaque cellule, le charriot est aiguillé à 90°, et le palan peut ainsi atteindre les matériels à manutentionner. La capacité de levage est de 160 kN.

Restitution du débit réservé

Le débit minimal d'un groupe est de 5,5 m³/s (fonctionnement non dangereux, mais rendement non garanti). Suivant sa valeur, le débit réservé peut être lâché par un groupe, par la vanne de vidange à ouverture partielle, ou par un piquage sur la vidange de fond.

CONCLUSIONS

PERFORMANCES

Les valeurs garanties pour l'AGE, obtenues par le constructeur à partir de renseignements connus sur un bulbe classique de rivière, sans essais sur modèle spécifique pour le cas du distributeur fixe, figurent en pointillé sur le graphique n°12, pour une chute nette de 18,50m.

Cette machine étant un début de série standard, E.D.F. a jugé intéressant d'en vérifier sur le site les performances réelles. Une exploration au tube de Pitot dans le conduit a montré qu'une mesure de débit aux moulinets pouvait être envisagée dans de bonnes conditions.

Fig. 12 - Rendements turbines (L'AGE)

Les mesures réalisées par la D.T.G. (*) en Avril 1984 ont conduit à la courbe 1 qui montre :

- un déficit en puissance de 5,6% environ,
- un déficit en rendement de 0,5 point (dans la tolérance).

Le constructeur a retrouvé ces écarts lors d'essais sur un modèle plus spécifique, et une légère retouche du distributeur fixe (sans effet en théorie sur le rendement) a permis de retrouver la puissance garantie.

Les performances réelles de ces groupes sont donc illustrées par la courbe 2, qui donne un rendement max de 88,5 % environ, aspirateur inclus (le rendement turbine seule serait de l'ordre de 92 %).

PERSPECTIVES

Six machines de ce type sont actuellement en exploitation au Service de la Production d'Hydraulique d'E.D.F. Trois sont en cours de construction. Elles constituent une solution intéressante et performante pour les sites correspondant au diagramme de la figure 8, aussi bien en France qu'à l'Etranger.

Entre le début d'installation de chantier et la mise en service s'écoulent environ 20 mois, répartis suivant :

- . 1ère phase : 5 mois,
- . 2ème phase : 10 mois,
- . 3ème phase : 5 mois.

L'usine de PONT-de-VERRIERES (2 groupes, sur la FONTAULIERE), dont les travaux vont démarrer bientôt, est également traitée en aménagement type. Des études sur modèle ont permis d'améliorer encore le coefficient de débit du déversoir (sans clapets) qui atteint 0,48.

(*) D.T.G.: Division Technique Générale du Service de la Production Hydraulique.

Discussion

Président : M. L. MONITON

M. BASSEREAU ajoute quelques précisions à son exposé :

Fondation : le type d'ouvrage présenté est prévu pour être fondé sur un appui rocheux — (question de M. le Président sur la géologie du site).

Evacuateur de crues : la dissipation d'énergie de l'eau passant par l'évacuateur est assurée par le seul matelas d'eau de la cuvette aval. En conséquence, le pied aval des contreforts est profondément ancré au rocher sain (Question de M. CORREGE).

Prise d'eau : l'espacement des barreaux (70 mm axe/axe) de la prise d'eau résulte d'une proposition qui a été jugée convenable pour l'environnement et pour la turbine (question de M. PAC-CARD).

Il n'y a pas de dégrilleur parce que la prise doit être considérée comme une prise de fond de lac (question de M. SIMMONOT). Les grilles sont calculées à l'obstruction totale.

Echelle à poisson : Il n'y a pas d'échelle à poisson car elle n'a pas été imposée pour l'environnement. Si un dispositif pour le transit des poissons avait été nécessaire la hauteur du barrage aurait imposé un ascenseur plutôt qu'une échelle (question de M. ETCHEGOYEN).

Accouplement entre turbine et alternateur : l'accouplement à denture qui a été choisi parce qu'il permet de légers désalignements entre les deux machines a eu un excellent comportement (question de M. SIMMONOT).