

L'optimisation des prises d'eau et des stations de pompage

J.F. Lapray

GEC ALSTHOM BERGERON

M. Milhe

GEC ALSTHOM ACB

Les grandes centrales énergétiques, qu'il s'agisse de centrales thermiques classiques ou des îlots conventionnels des centrales nucléaires et de nombreuses implantations industrielles comportent des stations de pompage avec prise d'eau en mer ou en rivière.

L'importance du génie civil de ces ouvrages et les puissances mises en jeu justifient des études d'optimisation importantes pour rechercher la plus grande compacité tout en conservant une bonne alimentation des pompes, réduire les pertes de charge des circuits et éviter les effets néfastes des régimes transitoires lors de la mise en route ou de l'arrêt des pompes.

En particulier, GEC ALSTHOM, qui assure la conception, la réalisation et la mise en service de telles installations, s'appuie au niveau des études de définition, d'optimisation et de qualification sur modèles réduits, sur les deux pôles de compétences spécialisés du Groupe Fluides et Mécanique de sa Division Equipements Industriels, situés à Fontenay-sous-Bois (GEC ALSTHOM BERGERON) et Grenoble (Centre d'Etudes et de Recherches de GEC ALSTHOM ACB).

Ces deux entités possèdent les équipes d'hydrauliciens et les moyens de calculs et d'essais spécialisés qui leur permettent d'intervenir dans les grands projets hydrauliques mondiaux.

I ■ ARCHITECTURE HYDRAULIQUE DES GRANDES STATIONS DE POMPAGE ■

La valeur élevée des débits considérés réagit directement sur :

— la dimension des ouvrages (station de pompage, ouvrages d'amenée et de rejet), donc sur leur stabilité qui passe par :

- la prise en considération de moyens de réalisation à mettre en œuvre.
- la recherche de la plus grande compacité tout en assurant une bonne alimentation des pompes.

— l'importance des régimes transitoires lors de la mise en route ou de l'arrêt des pompes d'où la recherche de la solution la mieux appropriée pour réduire les variations des

plans d'eau dans les bassins intermédiaires et les pressions maximales dans les conduites ou les appareils.

— l'importance des puissances mises en jeu d'où la nécessité d'optimiser le circuit pour réduire la hauteur géométrique d'élévation, et les pertes de charge.

• l'ouvrage d'amenée :

Il peut être :

- soit à surface libre (bassin d'aspiration)
- soit en charge (galerie de distribution).

Il doit finalement assurer une distribution uniforme du débit sur toutes les grilles en service quels que soient les cas de fonctionnement envisagés et les situations considérées (hautes ou basses eaux, tempêtes, etc...).

Les stations de pompage comportent nécessairement des filtres en amont des pompes alimentées en eau de mer et fréquemment pour les pompes alimentées en eau douce.

• l'ensemble filtre-pompe : il constitue un ensemble indissociable au regard de :

- la bonne alimentation de la pompe,
- les dépôts de sable,
- la prolifération des algues et des coquillages,
- la compacité de l'ouvrage dans le sens transversal et longitudinal.

Deux schémas sont hydrauliquement possibles pour assurer la liaison entre filtre et pompe :

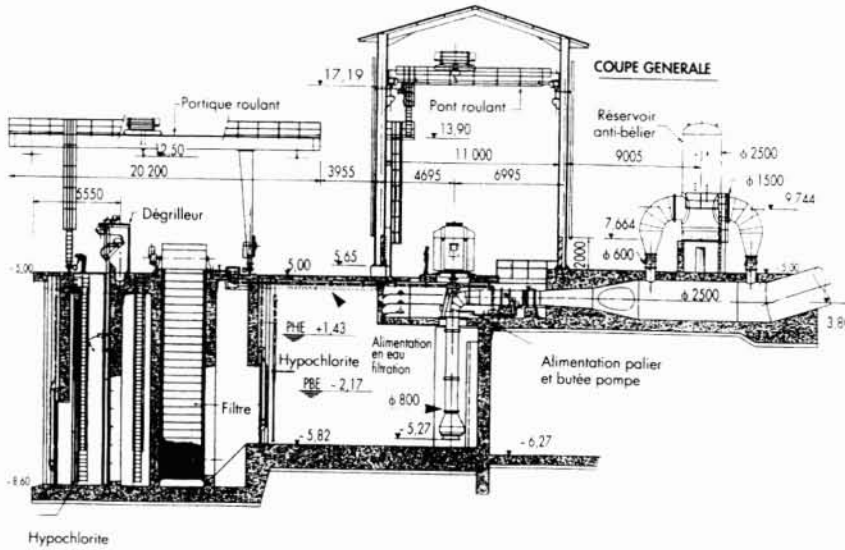
- l'un avec écoulement à surface libre,
- l'autre avec écoulement en charge.

Celui avec écoulement à surface libre *figure 1* est en général associé à des filtres à chaînes pour des pompes du type vertical à corps immergé et sur le plan de l'exploitation à une banalisation de ces équipements (chambres d'aspiration commune).

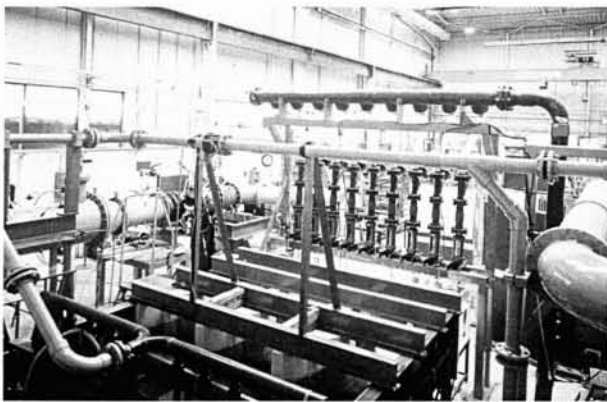
Une telle conception est utilisée quand les débits n'excèdent guère 70 000 m³/h.

Cette solution conduit très souvent à une étude sur modèle réduit compte tenu de la spécificité de chaque station de pompage comme exposé ci-après (voir exemple *figure 2*).

Le modèle avec écoulement en charge (*fig. 3 et 4*) s'impose pour des stations de pompage de très grands débits lorsque les équipements doivent atteindre un degré de fiabilité maximal.



1. Architecture hydraulique des grandes stations de pompage.



2. Vue du modèle de la prise d'eau de mer de la station de pompage du terminal LNG de Botas (Turquie).

Il en est ainsi, si l'ensemble filtre-pompe est constitué par un tambour filtrant associé directement à une ou même deux pompes du type dénoyé vertical à volute (suppression de la rue d'eau) :

- l'écoulement entre la sortie du tambour et l'entrée de la pompe peut être en charge avec une accélération progressive des vitesses permettant ainsi de supprimer les proliférations d'algues et de coquillages (écoulement en charge à vitesse suffisamment grande), les dépôts de sable (absence de zones d'eau morte) et l'apparition de vortex,
- l'alimentation des pompes se fait dans les meilleures conditions de configuration de stabilité.

Ainsi les dimensions de l'ensemble filtration-pompage sont réduites à leurs valeurs minimales donc une plus grande compacité peut être obtenue (diminution du nombre de groupes et suppression de la rue d'eau) ceci, cependant, au détriment d'une simplicité des formes des chambres d'aspiration des pompes dans le cas de la solution à surface libre (apparente complication des tracés des liaisons tambour-pompe existant dans la solution en charge).

L'étude technico-économique incluant le coût du Génie civil, le coût des équipements, le coût d'exploitation et de maintenance, permet au consultant de comparer les solutions.

• Le refoulement des pompes et les études des régimes transitoires

Si le choix de la conception de la prise d'eau, de l'ouvrage d'amenée et de l'alimentation des pompes derrière les filtres est essentiel pour assurer un bon fonctionnement des pompes sans vibration, sans vortex et sans cavitation (voir ci-après le dimensionnement hydraulique des pompes), la conception du refoulement des pompes est primordiale pour la sécurité des appareils situés à l'aval des pompes.

De façon générale, on s'efforce de réduire au maximum la robinetterie sur les circuits en eau de mer (c'est le cas pour le fonctionnement d'une pompe sur un seul demi-condenseur).

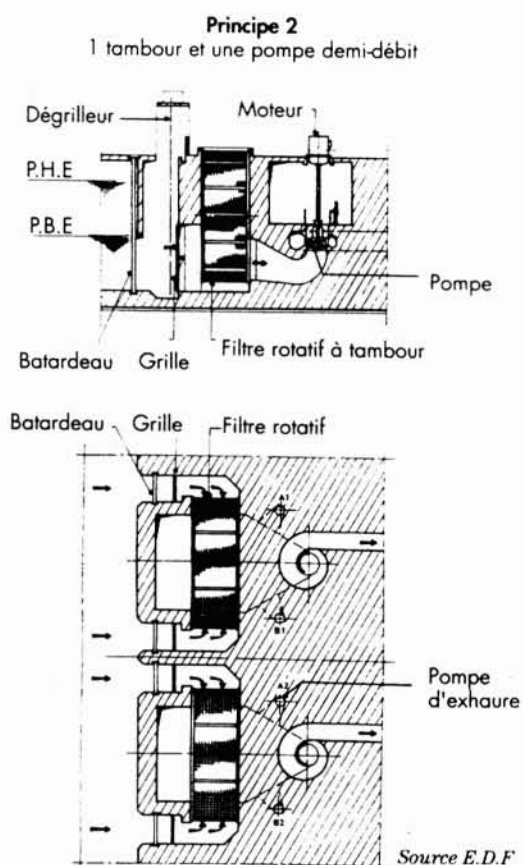
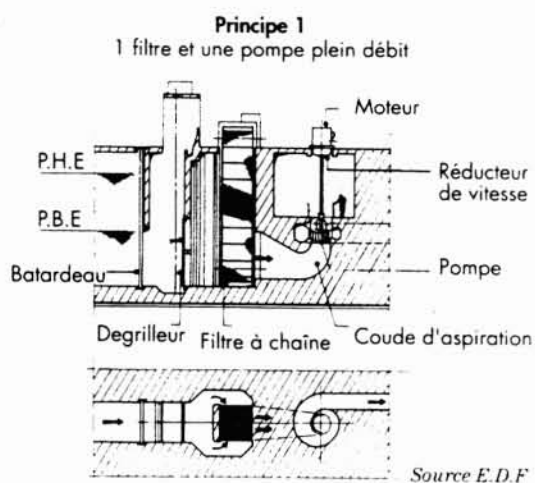
Dans le cas où plusieurs pompes refoulent sur un même circuit, des vannes papillon avec ouverture commandée par vérin hydraulique et fermeture commandée par contrepoids permettent d'ajuster au mieux le temps de manœuvre souhaitable.

Par ailleurs, une étude de régime transitoire doit être associée aux conditions de fonctionnement de la station de pompage pour définir :

- le type de robinetterie d'isolement antiretour si nécessaire et ses lois d'ouverture et fermeture,
- les accessoires de protection anti-bélier de la conduite,
- les surpressions résiduelles admissibles dans toutes les conditions d'exploitation normales ou accidentelles.

Ces études sont réalisées en utilisant des programmes de calcul basés sur la méthode des caractéristiques de L. Bergeron. Les valeurs de surpression et dépression dans les installations sont liées à :

- la célérité du son dans les conduites,
- le profil en long des installations,
- la longueur et le dessin des tuyauteries d'aspiration,



3. Installation type EDF pour centrale nucléaire PWR.

- l'inertie des groupes-pompes,
- le temps de fermeture et d'ouverture des vannes, etc...

La figure 5 montre les installations anti-bélier qui protègent les conduites de la station de pompage d'eau de mer du complexe chimique de Jorf Lasfar au Maroc. Trois réservoirs anti-bélier de 45 m³ chacun placés à l'aval immédiat des pompes et une cheminée d'équilibre de 38 m de hauteur en béton assurent la protection anti-bélier des installations de pompage et des trois conduits de refoulement de diamètre 2 m et de 1 850 m de longueur.

II ■ LES ÉTUDES EXPÉRIMENTALES SUR MAQUETTES DES PRISES D'EAU ■

• Les objectifs

Les stations de pompage et leurs prises d'eau ont déjà fait l'objet de nombreuses études spécifiques et le concepteur expérimenté peut élaborer un projet sur la base de règles connues et vérifiées et d'une étude documentaire appropriée.

Pendant, la grande diversité géométrique ou fonctionnelle des aménagements, l'impossibilité de respecter totalement les recommandations habituelles, l'optimisation des dimensions pour réduire les coûts et la validation de la conception et des tracés conduisent généralement à réaliser des essais sur maquette à échelle réduite, en particulier pour l'ensemble de l'ouvrage d'aménage et de prise d'eau.

Les objectifs de validation de l'architecture hydraulique des ouvrages sont atteints lorsque les écoulements répondent aux critères suivants :

- absence de vortex et d'entraînement d'air à l'entrée des pompes,
- profil de vitesse homogène dans la tulipe d'aspiration et fluctuations réduites,
- absence de prérotation.

Ces caractéristiques doivent être vérifiées pour les multiples configurations d'exploitation résultant des combinaisons du nombre de filtres et de pompes en service et des variations de niveau dans les bassins.

Les essais sur maquette permettent de simuler facilement et rapidement ces différents cas et quand cela s'avère nécessaire, il est possible de tester des améliorations (mise en place de guideaux, de murets anti-vortex...) jusqu'à l'obtention de la qualité d'écoulement requise.

• Les conditions d'essais

Les essais sur maquette concernent plus spécialement les ouvrages avec écoulement à surface libre.

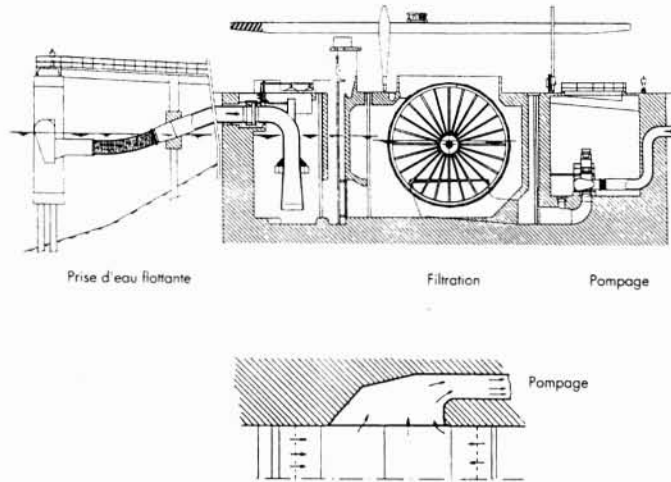
Les phénomènes à analyser sont donc sous la dépendance des lois de similitude définies par les nombres de Froude, de Reynolds, de Weber, qu'il n'est pas possible de respecter simultanément.

De nombreuses études ont montré que les modèles en similitude de Froude représentent correctement les phénomènes sous réserve d'une valeur suffisante des nombres de Reynolds et de Weber.

De ce fait, les études de prises d'eau sont réalisées sur des maquettes à des échelles qui peuvent être de l'ordre du 1/20 suivant les dimensions de l'installation réelle, mais il est recommandé d'utiliser des maquettes les plus grandes possibles, de préférence au 1/15 ou au 1/10, ce qui permet, par ailleurs, une meilleure observation et des mesures plus précises et plus faciles des paramètres à contrôler.

La plate-forme expérimentale (fig. 6) comporte généralement trois faces transparentes (l'arrière et les latérales) facilitant les visualisations, et un fond transparent, au niveau des tulipes de pompes par exemple.

Les parties sensibles de l'ouvrage nécessitant des observations particulières sont également réalisées en matériaux transparents.



4. Schéma d'installation - un tambour - deux pompes (avec prise d'eau flottante) - terminal méthanier de Montoir de Bretagne (France).

Les différentes observations et mesures effectuées pour valider ou corriger le projet sont tout d'abord réalisées au niveau de la surface libre, pour caractériser les écoulements

de surface (fig. 7), analyser les effets de sillage d'éventuels obstacles amont et caractériser l'état de la surface libre.

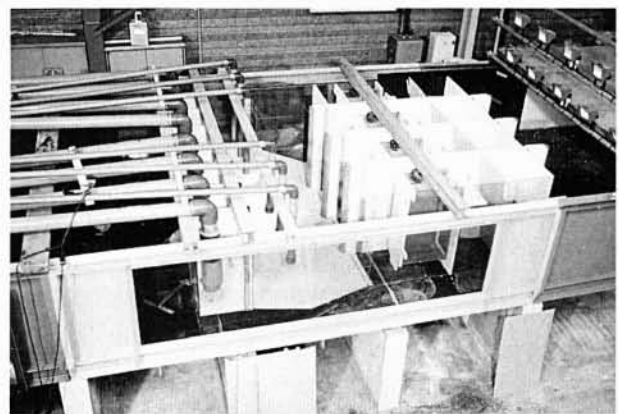
Les analyses sont également réalisées au niveau de l'approche de l'écoulement vers les tulipes de pompes, en contrôlant les vitesses d'approche, ainsi que les dissymétries éventuelles, les risques de création de torches visualisables au moyen de colorant (fig. 8), et de vortex établis qui sont les phénomènes les plus graves et qui doivent, bien sûr, être éliminés.

Une attention particulière est ensuite portée aux écoulements au niveau même des tulipes d'aspiration de pompes avec :

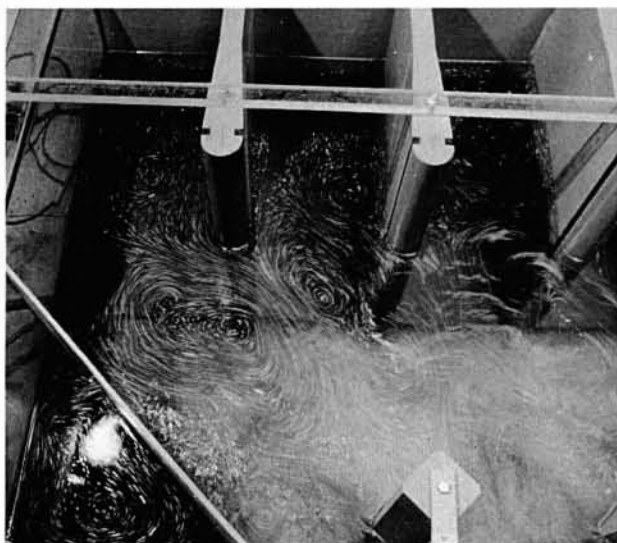
- la visualisation des prérotations avant l'entrée de pompes, par injection de colorant, fils de laine,... (fig. 9),
- la mise en évidence d'un éventuel vortex cavitant en fond de bassin (fig. 10) particulièrement préjudiciable au fonctionnement de la pompe et source de bruit (lié au collapse des bulles), de chute des performances (par obstruction partielle des canaux interaubes et modification de l'écoulement et de la hauteur engendrée), de vibrations,



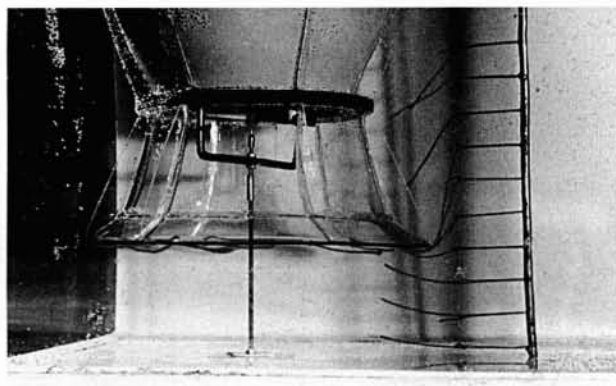
5. Installation de protection anti-bélier de Jorf Lasfar (Maroc).



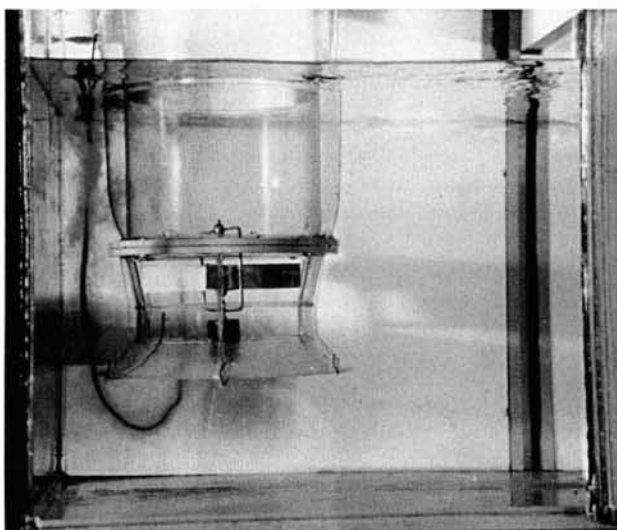
6. Maquette d'un bassin de pompage dans la cuve d'essais du CERG.



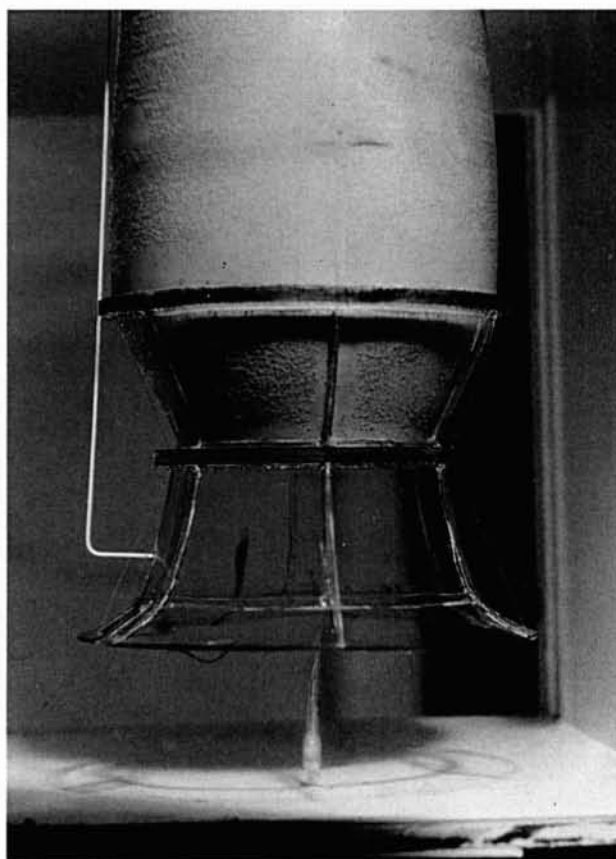
7. Visualisation des écoulements de surface.



9. Visualisation des écoulements par fils de laine.



8. Visualisation d'une torche par colorant, sans entraînement d'air.



10. Vortex cavitant.

d'érosion et de dégradation du matériau dues au effondrement des bulles et aux ondes de choc qui en résultent dans le liquide et dans le métal.

Des mesures réalisées à l'aval de la tulipe permettent de déterminer la non-uniformité éventuelle des vitesses d'écoulement à l'entrée de la pompe.

D'autres mesures, effectuées au moyen d'un vorticimètre, permettent de quantifier la prérotation résiduelle de l'écoulement qui, si elle est trop importante, pourrait modifier la qualité de l'écoulement en entrée de pompe et les caractéristiques de la pompe.

VI ■ CONCLUSION ■

La définition d'une architecture hydraulique répondant au mieux aux objectifs spécifiques d'un projet et la qualifi-

cation sur maquette pour assurer l'optimisation du fonctionnement dans tout le domaine d'exploitation doivent être confiées à une équipe de spécialistes possédant les compétences et les moyens adéquats.

La division des Equipements Industriels de GEC Alsthom possède l'expérience et des centres d'essais adaptés pour assurer la bonne maîtrise de telles études.

Ces études concernent naturellement les projets nouveaux mais également l'amélioration d'installations existantes (réhabilitation, suppression de dysfonctionnements critiques...).