

Centre de Recherches et d'Essais de Machines Hydrauliques de Grenoble



ETUDE HYDRAULIQUE ET MECANIQUE MAQUETTE H3E - « roue FONFREDE » Rapport

Réf. Contrat : INPG / ERB2

Commande n°80009551

Auteurs:

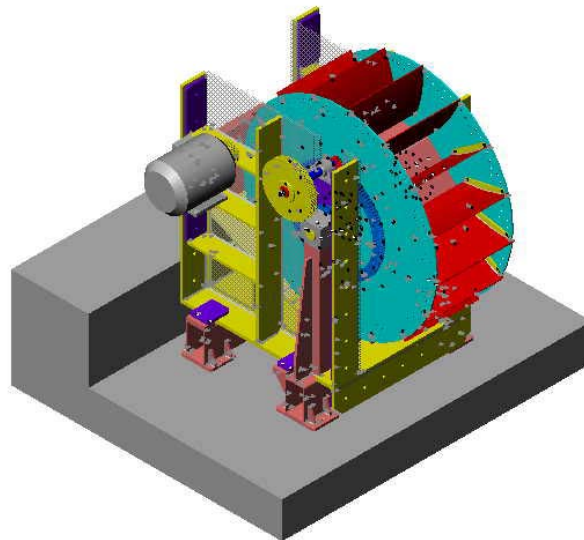
Alain Didonato

Thierry Maitre

Claude Rebattet

Date :

Juillet 2004



CREMHyG

BP 95 - 38402 SAINT MARTIN D'HERES Cedex (France)
Tél. : 04 76 82 50 40 - Fax : 04 76 82 51.97

Présentation du projet

Objet de l'étude :

Dans le cadre du développement écologique et durable par l'exploitation de l'énergie hydroélectrique, la société H3E souhaite développer un concept de roue à aubes préservant la faune en vue de son exploitation sur les rivières. Cette roue fait l'objet d'un brevet d'invention déposé par l'inventeur Fonfrede, nous appellerons cette roue dans la suite du rapport « roue Fonfrede ».

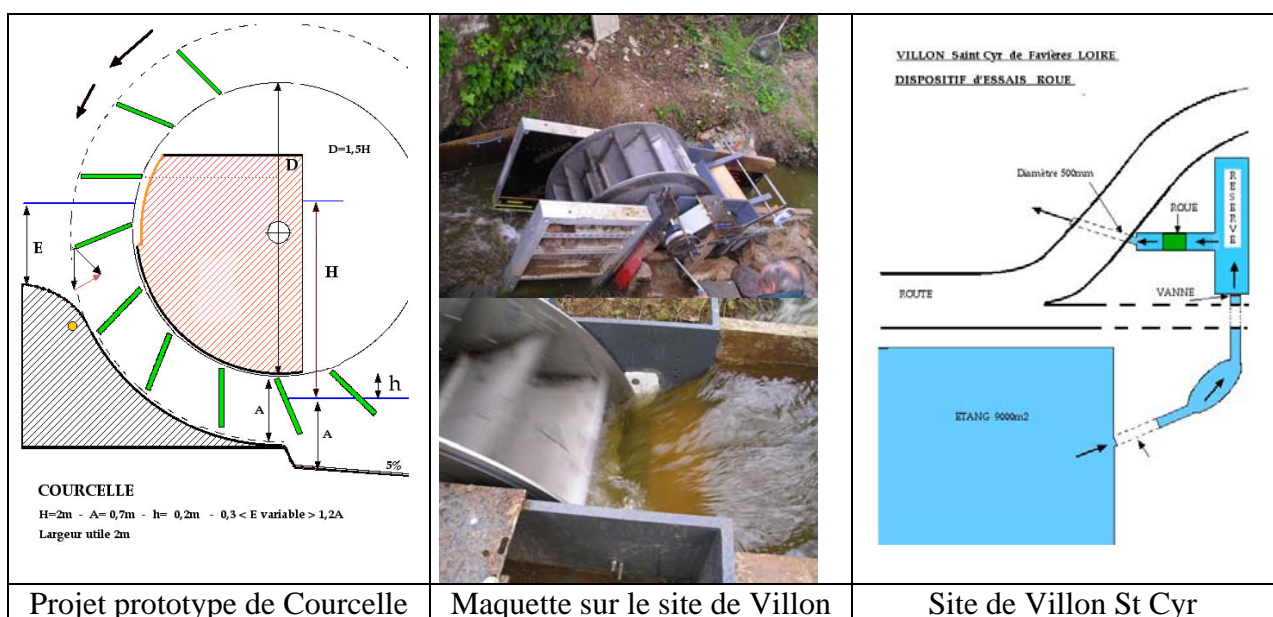
La roue Fonfrede rejoint la famille des roues alimentées par le dessous, mais avec un certain nombre d'aménagements originaux dans sa conception. L'objet de cette étude est d'étudier cette roue originale et d'essayer une maquette intégrant les principes de la conception dans la perspective de réaliser un premier prototype sur site.

L'originalité de la roue Fonfrede est (1) l'intégration d'un barrage fixe dans le corps de roue pour l'utilisation optimale du potentiel de hauteur d'eau disponible allant de 1m à 5 m suivant les projets ; (2) le guidage de l'écoulement amont dans une veine hydraulique définies par le barrage et le sautoir.

Déroulement de l'étude :

Dans le cadre du projet futur de prototype sur le site de Courcelle, la société H3E a décidé la réalisation au d'une maquette à échelle réduite, son étude comprend deux volets : hydraulique et mécanique. Cette étude a été réalisée en collaboration entre l'inventeur Fonfrede et l'université INP Grenoble, représentée par le laboratoire CREMHYG.

Cette étude a été financée par la société H3E, chargée du développement de ce produit innovant en vue de son exploitation pour le marché des centrales hydrauliques de faible puissance (1 à 2 MWatt). La maquette a été essayée sur le site de Villon St Cyr de Favière (Loire) avec une hauteur max de chute de 0.6 m. Ces essais ont pour objectif la vérification des performances estimées par l'étude, en vue de la transposition de l'étude de la maquette vers le prototype.



CREMHYG

BP 95 - 38402 SAINT MARTIN D'HERES Cedex (France)

Tél. : 04 76 82 50 40 - Fax : 04 76 82 51.97

Le prototypage a pour but l'étude des fonctionnalités de la roue, de la transmission, de la veine hydraulique. La solution d'un prototypage mécanique 3D a été choisie pour l'étape de conception, les plans de détails produits servent à la fabrication.

Ce prototypage a été accepté par H3E suite à une revue de détails, les plans ont été remis à H3E pour la consultation de fournisseurs et à la fabrication. Les choix de sous-traitants ont été conduits en commun.

La fabrication a été prise en charge par H3E ainsi que la mise en œuvre et la réalisation des moyens de mesure des performances sur site.

L'étude hydraulique a été réalisée apportant des informations sur le calage mécanique, et particulier les aubages. Les performances ont été prédites pour différentes configurations, une d'elles a été retenue et reproduite sur la maquette.

Le CREMHYG a participé à l'analyse des essais et à la confrontation des données expérimentales fournies par H3E et des données de calcul obtenues par simulation numérique.

Contenu du rapport :

Le contenu de l'étude mécanique est la réalisation d'un prototypage de la maquette de la roue Fonfrede suivant des dimensions fournies par H3E. Le prototypage consiste à créer un modèle CAO. La maquette intègre dans sa définition les choix mécaniques de l'inventeur Fonfrede concernant : la roue, la transmission, les paliers et arbre, la structure avec un sautoir amont et le support de la roue.

Le contenu de l'étude hydraulique est la réalisation de calcul de simulation d'écoulement à surface libre dans une veine hydraulique similaire à celle de la maquette. Le modèle de calcul VOF est bidimensionnel, le maillage et le calcul numérique sont réalisés avec le code FLUENT. Différentes conditions d'alimentation de la roue sont simulées et la puissance et la vitesse de rotation sont calculées. Cette étape permet de prévoir quels seront les effets (1) du corps de la roue qui fait office de barrage (2) du sautoir amont, sur l'écoulement dans la veine hydraulique et (3) du calage angulaire des aubages à la pénétration à la surface libre.

Dans cette étude numérique, on calcule un bilan d'énergie et une puissance disponible associée à une vitesse de rotation de la roue. Les pertes calculées dans la veine n'intègrent pas les pertes induites par les aubages. La charge des aubages est simulée par l'introduction d'une perte de charge locale située en sortie de la roue. En l'absence de perte de charge, l'écoulement simulé correspond à l'emballement de la roue sans couple résistant. On simule de nombreux cas de charge pour établir la caractéristique Puissance – vitesse dans le domaine de débit.

L'étape expérimentale réalisée à la suite de l'étude mécanique, de l'étude hydraulique et de la fabrication a pour but d'estimer les performances globales et le calage des aubages. On compare les performances calcul et expérience pour les points disponibles réalisés sur le site de St Cyr de Favière.

Conclusion du projet

- L'étude mécanique a conduit à développer une maquette qui retient l'ensemble des concepts de l'invention. Le point majeur est l'intégration du barrage dans le corps de turbine pour assurer la retenue d'eau et l'utilisation de cette énergie potentielle en réalisant une machine compacte et sans système de guidage ou d'injection extérieur au corps de la roue. La conséquence de cet ensemble roue-barrage est l'obtention d'une machine dont le rapport diamètre / hauteur de chute est environ de 2 et dont les composants peuvent être assemblés facilement.

- Les choix de conception conforme au brevet ont été mis à l'épreuve par la réalisation d'un prototypage selon les règles de l'art de la CAO 3D sur un code de calcul industriel. Les choix de la conception répondent point par point à la demande de l'inventeur.

- Les aubages ont un système de fixation qui permet leur calage angulaire ce qui doit permettre de rechercher le calage optimum : réduire les pertes par incidence à la pénétration de l'écoulement guidée à l'entrée par la combinaison du sautoir et du barrage. Les formes des parois des composants recherchent l'obtention d'une veine hydraulique conforme aux concepts mécaniques de la roue Fonfrede, ce point est un point central de l'étude hydraulique.

- La fabrication de la maquette est l'étape de réalisation qui permet de juger des choix d'assemblage, du choix des matériaux, de la facilité de montage et de réglage. Cette étape a été conduite au bout et a permis une installation sur site pour réaliser les essais.

- Des essais rendant variables les niveaux d'eau entrée et sortie ont montré l'importance de ces choix d'enfoncement de la roue sur les pertes par choc des aubages sur la surface libre. Ce résultat n'était pas analysable avec le calcul de simulation qui ne modélise pas les aubages directement.

- Le calcul prédit la puissance restituée ainsi que la chute de performance en fonction des hauteurs d'eau amont et aval. Les premières confrontations à l'expérience montrent que le dimensionnement peut être transposé au prototype de Courcelle avec peu de modification de la conception d'origine.

- Au bilan, la démarche a consisté à développer un démonstrateur de la roue conformément au brevet d'invention, ce développement a permis de dégager entre le CREMHYG et H3E les points clés et le caractère original de la roue-barrage Fonfrede : compacité, large domaine en débit – vitesse de fonctionnement, dimensionnement de l'ensemble sautoir – barrage – roue.

CREMHyG

BP 95 - 38402 SAINT MARTIN D'HERES Cedex (France)

Tél. : 04 76 82 50 40 - Fax : 04 76 82 51 97