



Our passion, your solution.



Turbines « exotiques » en toute sécurité ou comment répondre à des projets atypiques !

Atelier technique

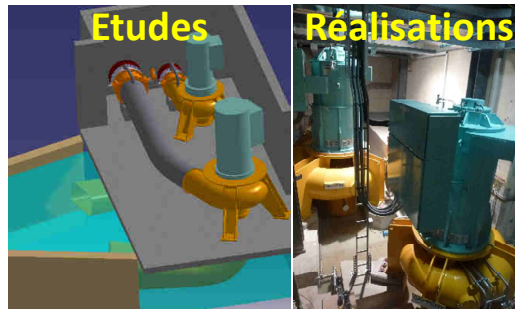
Rencontres techniques France Hydro Electricité

Laurent SMATI, Vincent DENIS

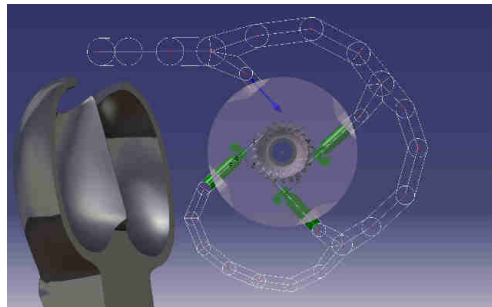
7 juillet 2021

mhylab en résumé

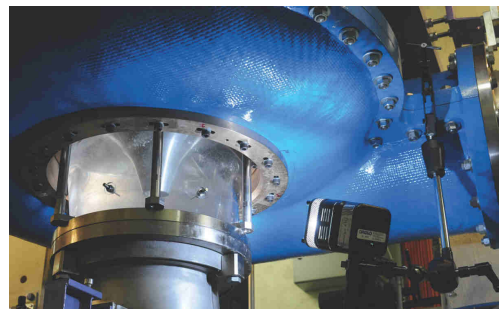
Ingénierie



Profils
hydrauliques
de turbines

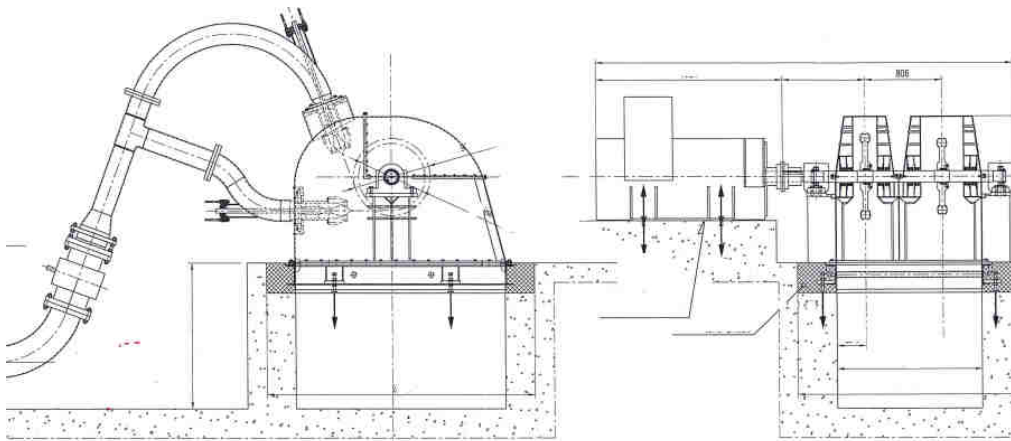


Stand d'essais
indépendant



- mhylab : 100% petite hydraulique
- Plus de 25 ans d'expérience nationale et internationale
- 3 domaines d'activités
- Projets sur l'eau potable, les eaux usées, en rivière, réhabilitations et nouveaux sites
- Des études de potentiel à la mise en service
- Plus de 240 profils de turbines conçues (puissance cumulée de 116 MW) pour une dizaine de constructeurs en Europe et au Japon
- Des essais de qualification et développement en laboratoire pour tiers
- Synergies stand d'essais / ingénierie / terrain
- Expertises

Pelton double dans le même bâti raccordé à 2 conduites forcées



Profil hydraulique : mhyllab
Constructeur de la turbine : Desgranges
Propriétaire : SPEA
Exploitant : EREMA

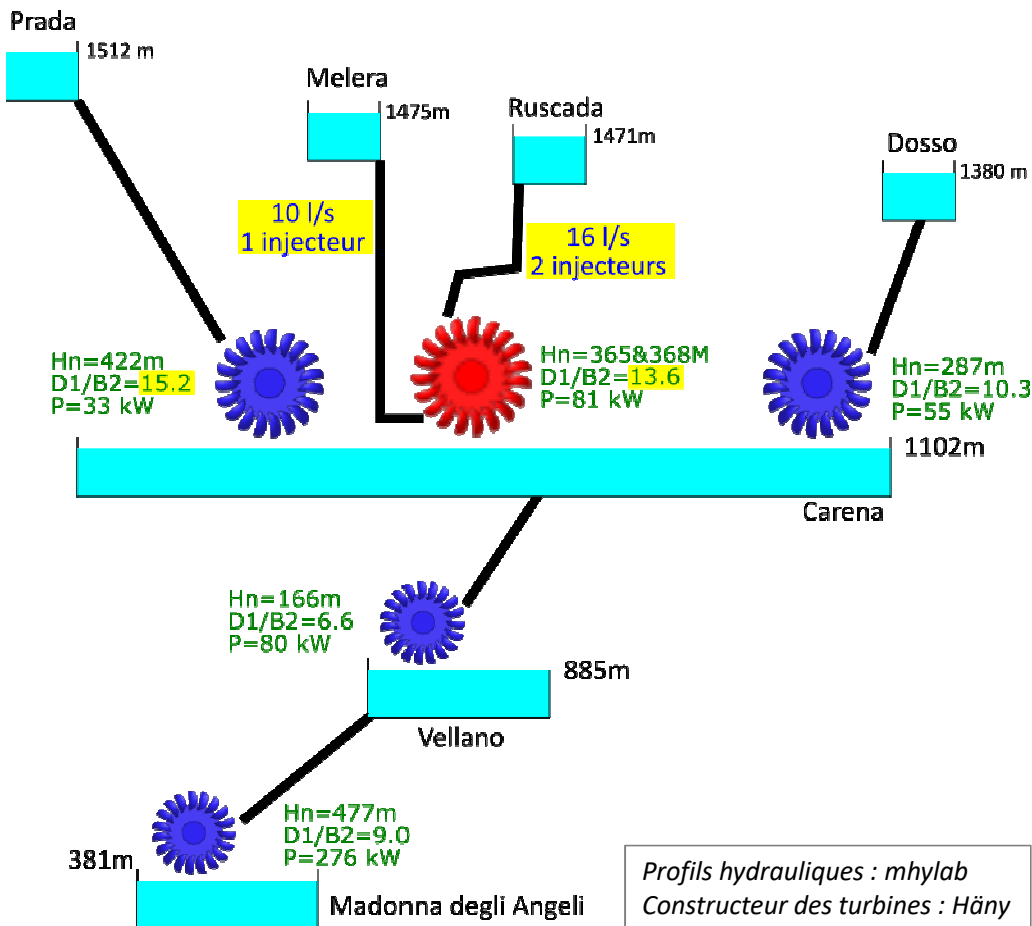


- Rénovation de la centrale de la Perrière
- Respect des contraintes d'implantation des équipements antérieurs :
 - Arrivées des deux conduites venant de 2 sources différentes
 - Un seul bâti sur une fosse existante
- Caractéristiques des 2 roues :

	Roue n°1	Roue n°2
Hauteur nette	287 m	368 m
Débit	132 l/s	160 l/s
Nombre de jets	1	2

- Même vitesse de rotation ⇒ Compromis sur le dimensionnement des deux roues sans renoncer aux performances

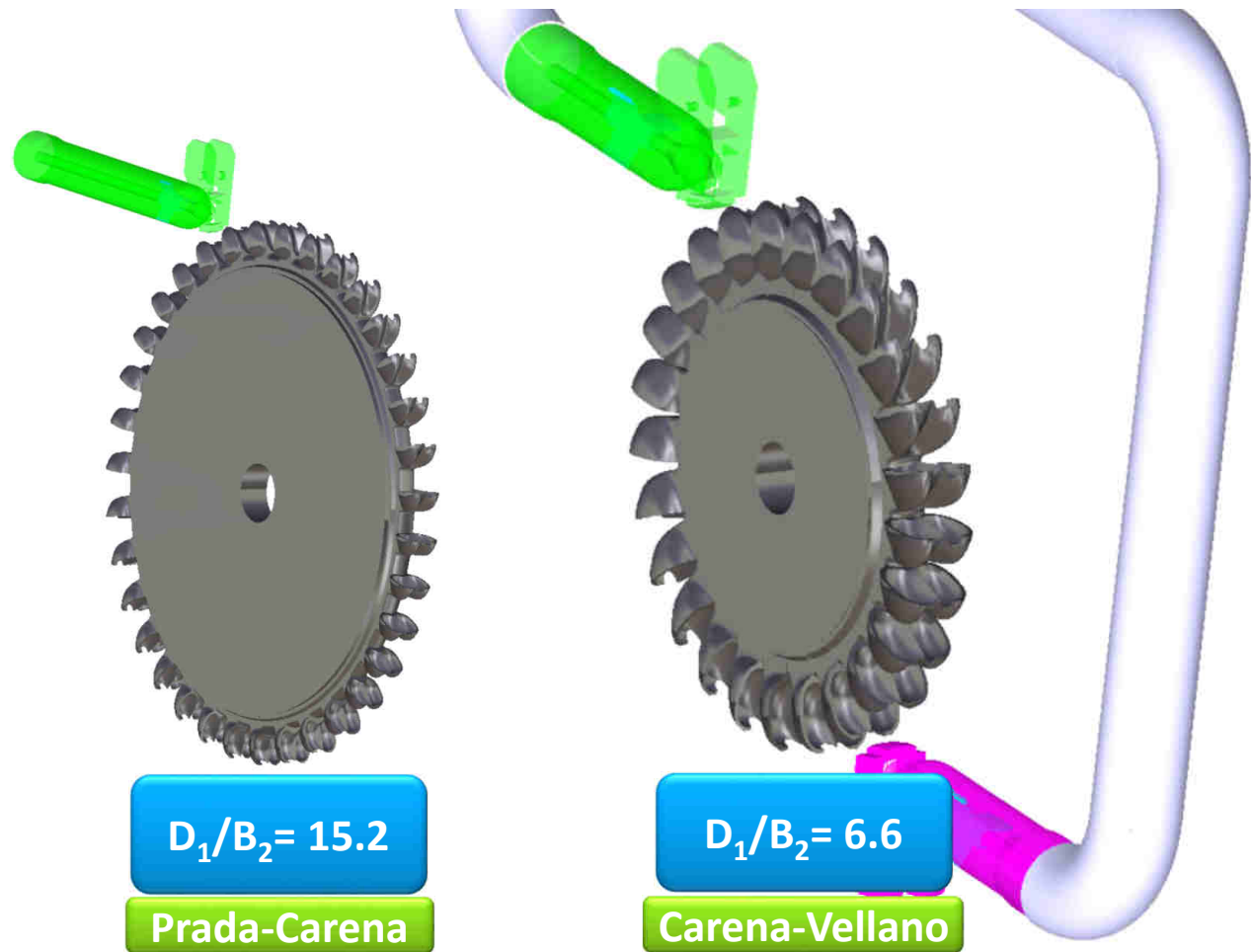
Réseau d'Eau Potable de la vallée de Morobbia (CH)



- 5 turbines d'une puissance cumulée de 525 kW
- Réseau d'eau potable de montagne souvent faible débit et chute importante
 - ✓ Vitesse spécifique élevée (8-12), voire très élevée (>12)
 - ✓ Conception hydraulique atypique
- Remplacement de la Pelton double souhaitée par le Client par 1 Pelton verticale raccordée aux 2 conduites :
 - ✓ 1 injecteur raccordé à la conduite de Melera $H_b=403\text{m}$
 - ✓ 2 injecteurs raccordés à la conduite de Ruscada $H_b=408\text{m}$
 - ✓ Conception hydraulique de la roue qui tient compte des deux chutes & pertes de charge, des débits différents
 - ✓ injecteurs identiques ou différents pour chaque conduite
Ici, pour ce projet les 3 injecteurs sont identiques
- La Pelton de Melera/Ruscada cumule ces 2 spécificités

Eau potable, Eaux Usées en région montagneuse : vitesse spécifique élevée

- Typologie caractéristique d'une roue Pelton haute vitesse
- Difficulté : faible largeur d'auget et de diamètre d'embouchure
- Parfois des hauteurs de chute importante : 600 à 900 m
 - ⇒ Qualité du jet moins bonne
 - ⇒ Requier un travail soigné de la conception hydraulique du distributeur et de l'injecteur
- Eau potable = propre ⇒ pas de risque de colmatage
- Eaux usées plus délicat, conception spécifique de l'injecteur



Turbinage des eaux usées de la STEP de Profray - Verbier (CH)



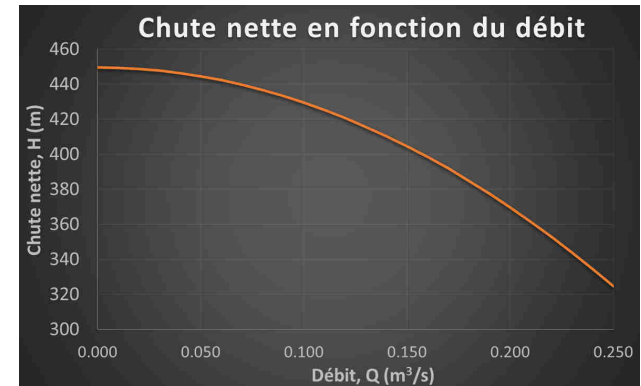
Ancien groupe 665 kW – 240 l/s -585'000 kWh/an

Après 12 ans de service :

- Grande révision nécessaire
- Peu de fonctionnement à pleine charge
- Fonctionnement par éclusées hors saison touristique.

2005: Etude d'optimisation

- Analyse des débits entrants (12 ans)
- Mesure de la perte de charge réelle de la conduite



Choix d'un débit d'équipement à 100 l/s et installation nouvelle turbine



Nouveau groupe 380 kW – 100 l/s - 800'000 kWh/an

Turbinage des eaux usées de la STEP de Profray - Verbier (CH)



Nouvelle turbine
Chute Brute = 449m

Débit = 0.1 m³/s

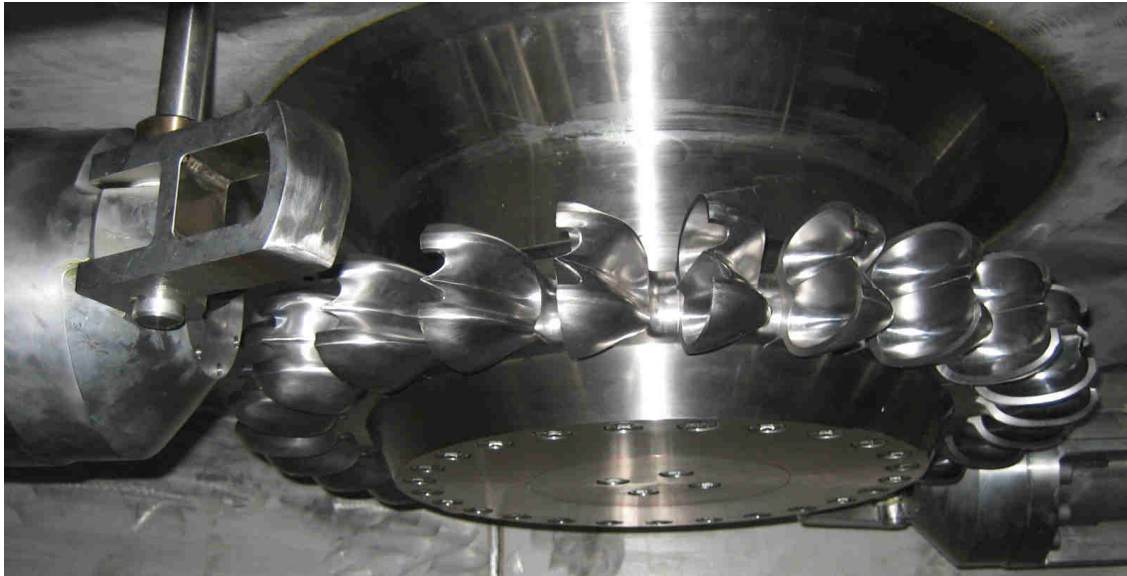
2 Injecteurs

$D_1/B_2 = 7.5$

Puissance = 380 kW

- ❖ Profil hydraulique : Mhyllab
- ❖ Constructeur : Gasa
- ❖ Propriétaire : Altis

Turbinage des eaux usées de la STEP de Profray - Verbier (CH)



- Optimisation du projet :
 - Puissance : - 43%
 - Production + 32 %

- Conception hydraulique adaptée aux eaux usées pour réduire :
 - Les défaillances
 - Les risques de colmatage,
 - Les opérations de maintenance

- Diamètre d'embouchure faible : 32 mm

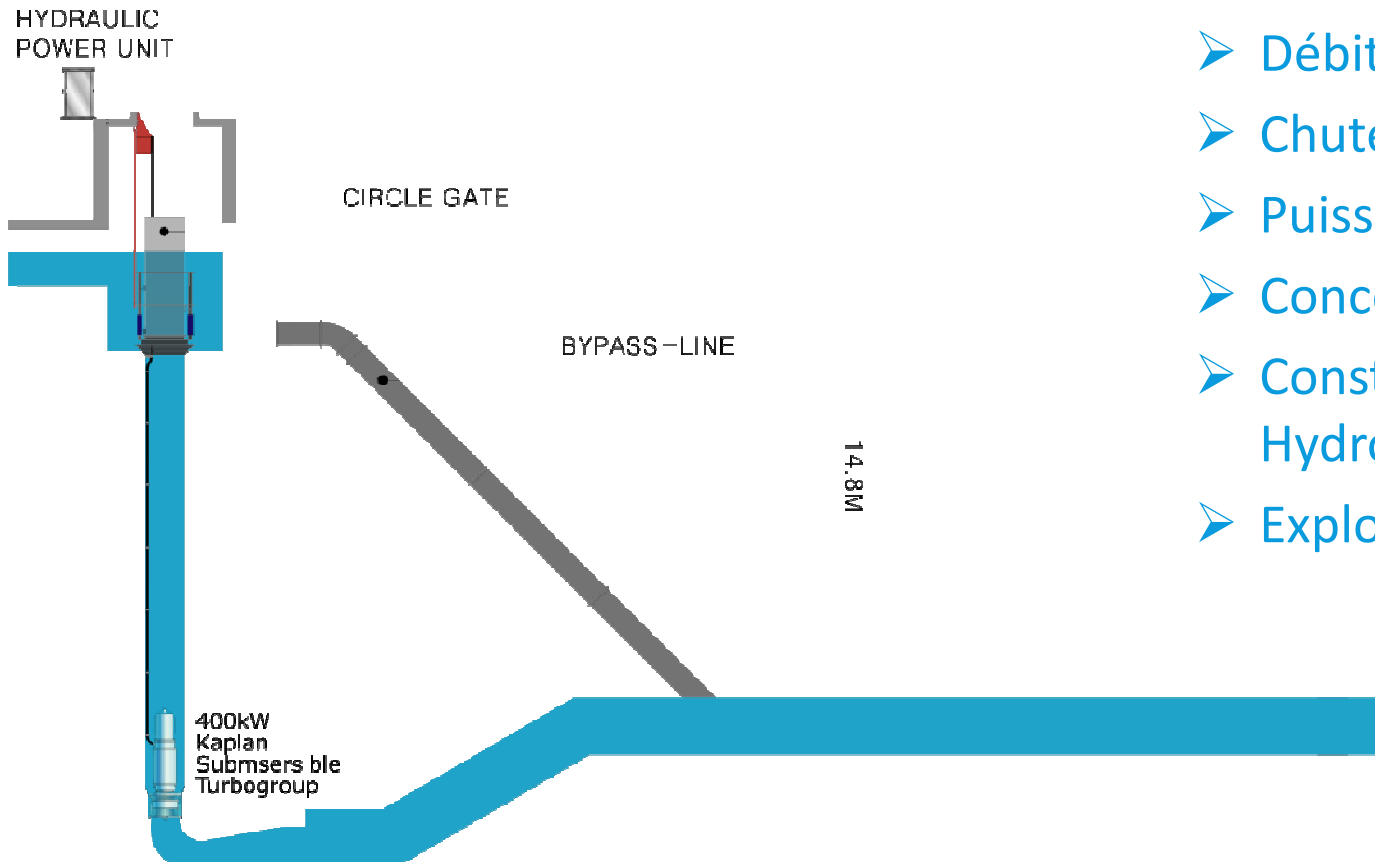
- Maintenance annuelle : env. 40h

Turbine Kaplan immergée de Shinsogi (Japon)



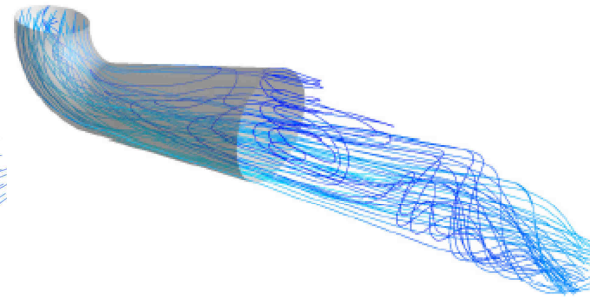
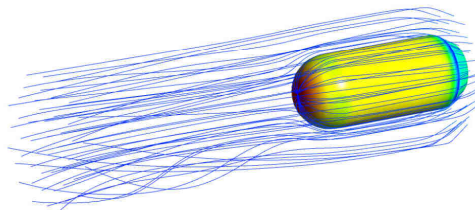
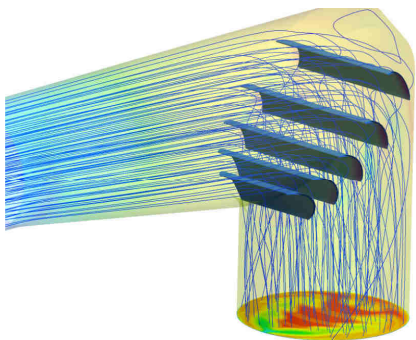
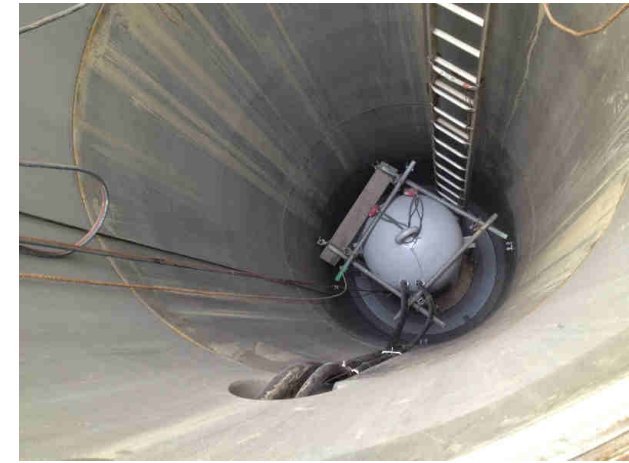
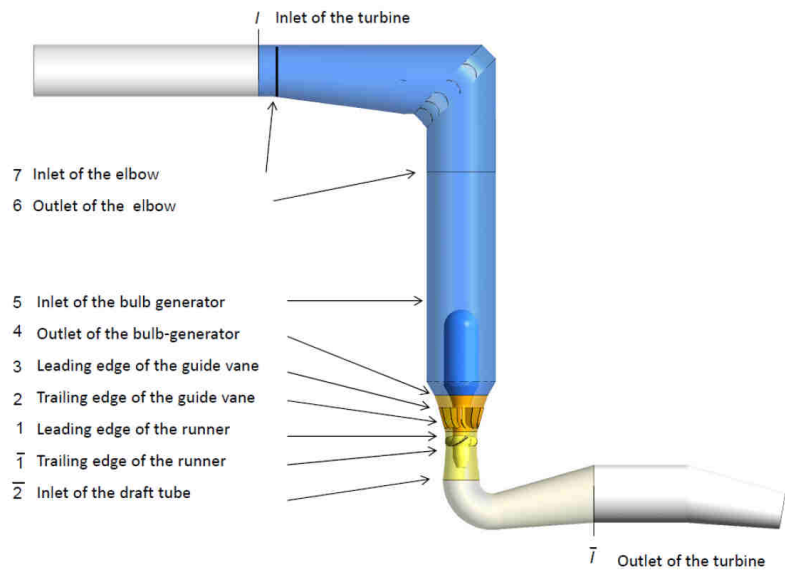
- Avec ses 210 mètres de large et ses 12 mètres de haut, les chutes de Sogi sont surnommées Niagara de l'Est
- Dans ce contexte très contraignant en termes d'impact environnemental, la turbine devait être totalement invisible
 - ⇒ Turbine en S de près de 15m de hauteur
 - ⇒ Impossibilité d'une ligne d'arbre
 - ⇒ Générateur immergé

Turbine Kaplan immergée de Shinsogi



- Débit nominal: 5.0 m³/s
- Chute nette: 11.6 m
- Puissance: 460 kW
- Conception hydro : Mhylab avec Hes-SO
- Constructeur: Nippon Koei & Daeyang Hydro (Corée)
- Exploitant: Nippon Koei

Turbine Kaplan immergée de Shinsogi

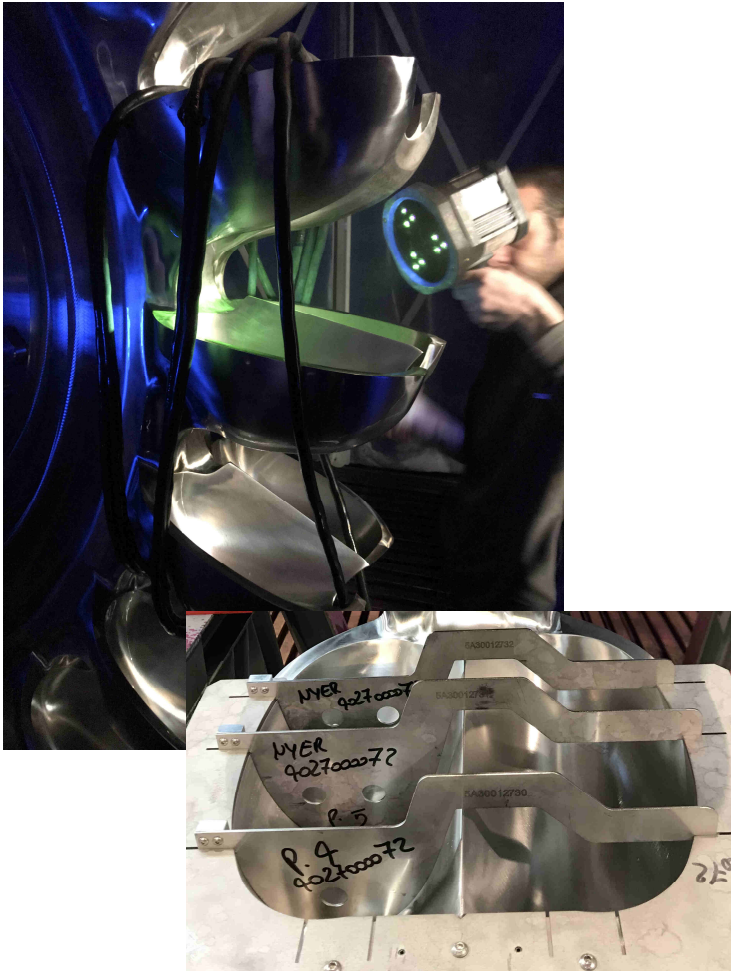


Rénovation de la roue Pelton de la centrale de Nyer (Pyrénées-Orientales)



- Lors de la reconstruction du canal en 2009-2010, les turbines Neyrpic de 3.5 et 1.6 MW ont été conservées. Le précédent propriétaire de la centrale avait acheté ces turbines d'occasion, dimensionnées pour des chutes respectives de 360 et 260 m, alors qu'à Nyer, la chute dépasse les 510 m !!!
- Des vibrations excessives ont commencé à endommager le bâti et interdisaient le fonctionnement des turbines à pleine puissance.
- En mai 2017, la roue de la turbine de 3.5 MW casse.
- Décision de rénover cette turbine avec une conception adaptée à la chute réelle du site.
 - Conception hydro: Mhyllab
 - Expert mécanique: Henri Butticaç
 - Constructeur : Zeco

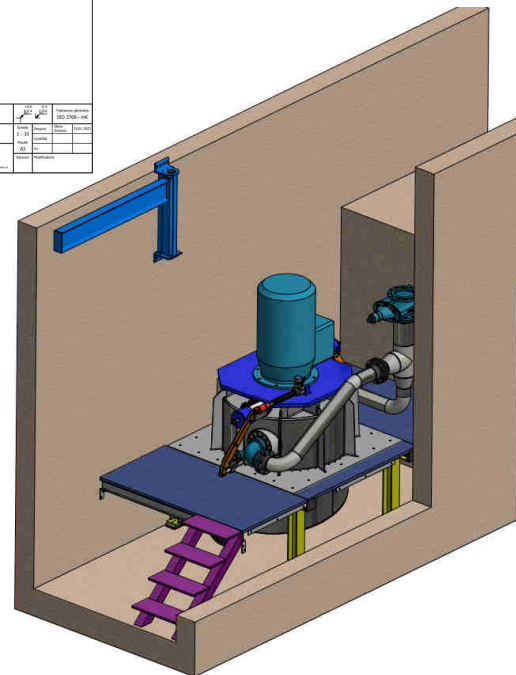
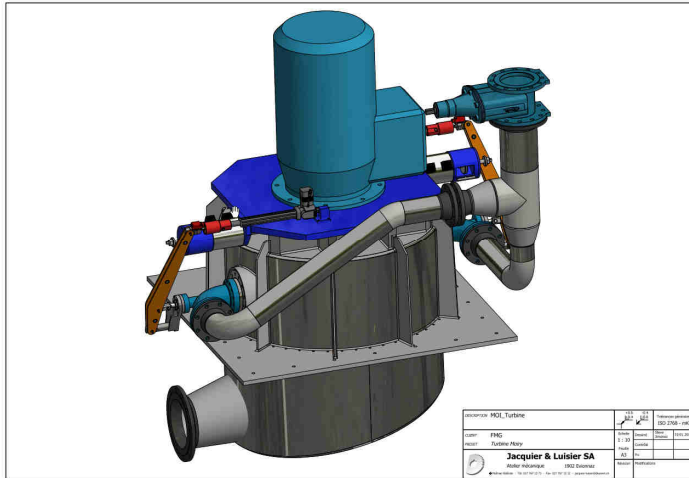
Rénovation de la roue Pelton de la centrale de Nyer (3.5 MW)



- Ce travail était complexe et risqué en raison des contraintes liées à l'existant : une turbine conçue à l'origine pour une chute plus faible.
- L'injecteur, donc le diamètre d'injection, et la vitesse de rotation de l'alternateur, 375 t/min, devaient être conservés.
- Le diamètre d'injection est habituellement défini d'après la chute, or ici le diamètre d'injection original devait être conservé,
- Enfin, de plus le poids de la roue ne devait pas trop s'écarter des 2 100 kg de la roue d'origine

	Avant rénovation	Après rénovation
Nombre d'augets	25	23
Largeur d'auget	400 mm	350 mm
Masse de la roue	2 100 kg	2 750 kg (+31%)

Turbine de dotation du barrage de Moiry (CH) dans un espace très exigu



Les dimensions du local à l'intérieur du barrage et à l'arrivée de la conduite impose d'implanter une turbine Pelton 2 jets dans un espace très exigu, d'où La configuration particulière de son répartiteur

- Profil hydraulique : Mhyllab
- Constructeur : Telsa & Jacquier-Luisier
- Propriétaire : Forces motrices de la Gougna

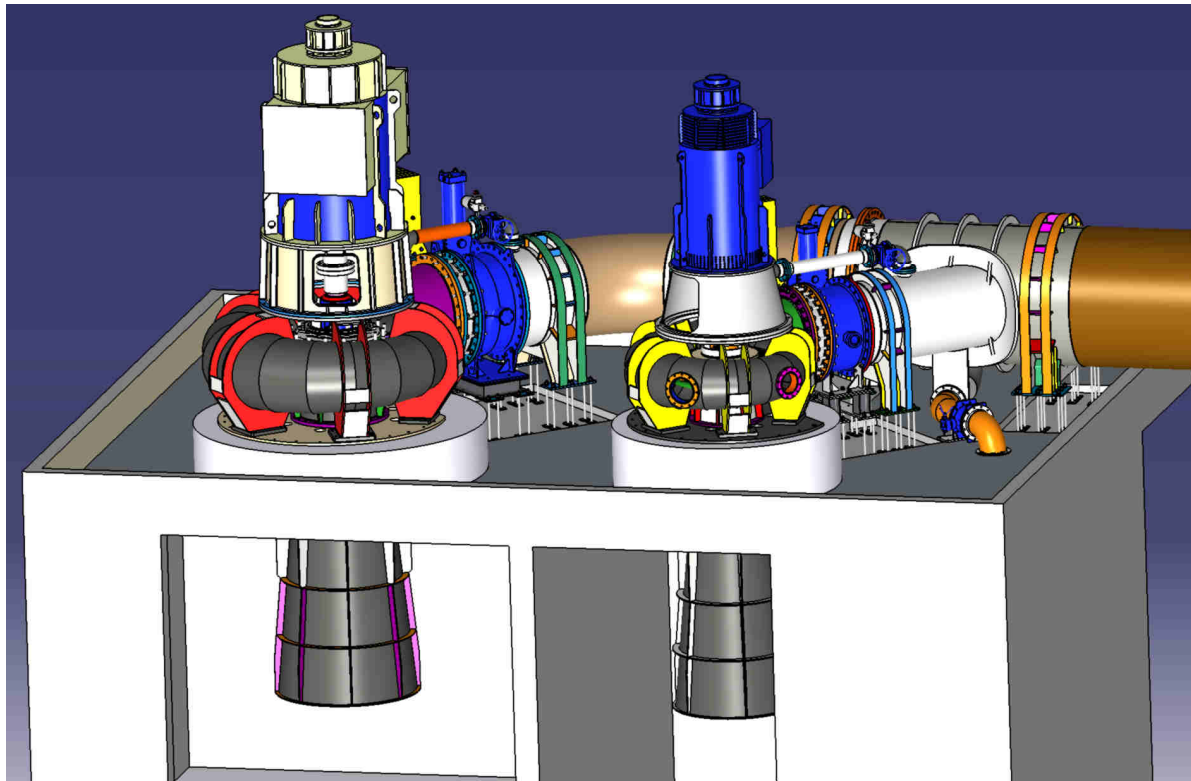
$$Q_n = 110 \text{ l/s}$$

$$H_n = 127.5 \text{ m}$$

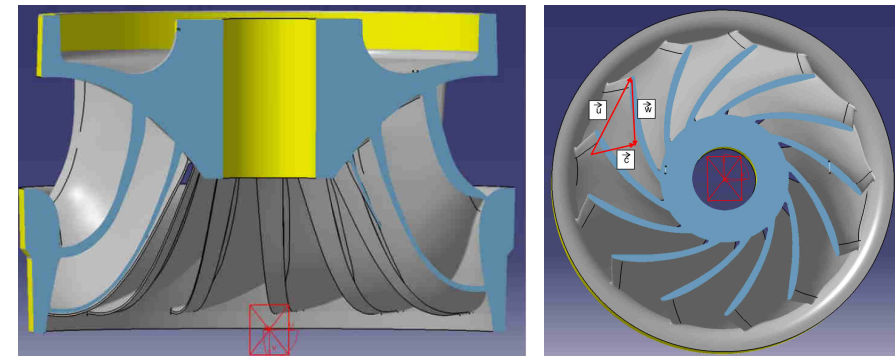
$$N = 1000 \text{ tr/min}$$

$$P_m = 123 \text{ kW}$$

Centrale du Grillatier : Remplacement de deux roues de Francis



- ✓ Remplacement de roues Francis en conservant la bête spirale, le distributeur, l'aspirateur issus d'un autre constructeur
- ✓ contrainte sup.: hauteur aspiration +3m
 - Nouveau profil hydraulique : Mhylab
 - Propriétaire : Total Energies



Rénovation de la roue Pelton de la centrale du Martinet – vitesse spécifique

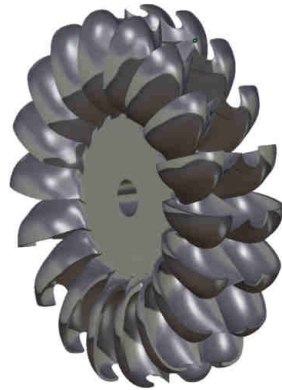
$$Q_n = 1.35 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H_n = 299 \text{ m}$$

$$N = 750 \text{ tr}/\text{min}$$

$$P_m = 3'968 \text{ kW}$$

$$D_1/B_2 = 2.6$$



➤ **Rénovation de la roue seulement, en conservant le bâti, la même vitesse de rotation, etc.**

⇒ **Obligation de concevoir un profil avec une très faible vitesse spécifique**

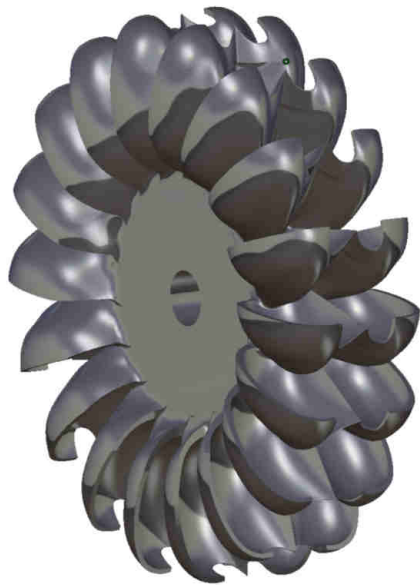
⇒ **Faible nombre d'augets : 18**  **Attention au risque de fauilement du jet entre les augets**

○ *Profil hydraulique : mhyllab*

○ *Constructeur de la roue: Desgranges*

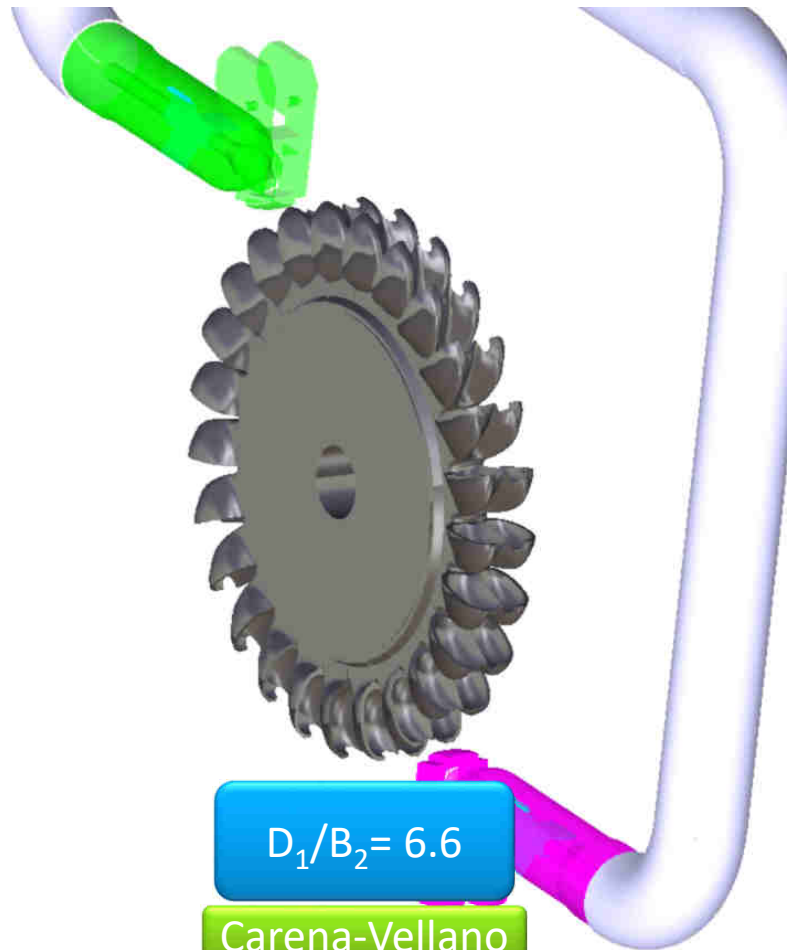
○ *Propriétaire : SAFHERB Société d'aménagement des forces hydroélectriques du Riou de la blanche*

Influence de la vitesse spécifique sur la forme d'une Roue Pelton



$$D_1/B_2 = 2.6$$

Martinet



$$D_1/B_2 = 6.6$$

Carena-Vellano



$$D_1/B_2 = 15.2$$

Prada-Carena

Conclusions

- Certaines rénovations (assez souvent) ou projets (- souvent) sont atypiques et nécessitent une conception qui sort des sentiers battus.



En petite hydro, il n'y a pas toujours d'essais modèles

⇒ Aucun garde-fou

⇒ Les problèmes se découvrent, au mieux, lors de la MES, mais le plus souvent lors de l'exploitation.

- La difficulté ne réside pas dans la capacité à proposer une solution à un projet atypique, mais dans l'aptitude à maîtriser la solution proposée.
- Les profils hydrauliques proposés par mhyllab ont été testés en laboratoire ce qui permet connaître leur comportement et leurs limites (rendement, instabilités, cavitation, etc.).
 - Dans certains cas, on peut « ressortir » les données expérimentales, les clichés de cavitation, pour évaluer la criticité d'un point de fonctionnement
 - Processus de développement d'un profil implique de tester de multiples configurations et de quantifier l'influence d'une modification de design sur une plage de fonctionnement. C'est une expérience précieuse pour traiter des projets exotiques !

Tips and Tricks

- Il est souvent avantageux d'analyser ces projets exotiques dans leur ensemble et pas seulement en se focalisant uniquement sur le profil hydraulique.
- Ne jamais négliger l'importance potentielle d'une adaptation de design, même mineure.
- Attention aux raccourcis, il ne suffit pas de connaître les formules de pertes de charge et de calcul de la puissance pour faire un projet.
- Ce qui est vrai sous 100 m de chute ne l'est pas forcément sous 300 m, ou en d'autres termes, ce qui fonctionne dans une situation ne fonctionne pas forcément dans une autre.
- EAU POTABLE / EAUX USEES : s'il y a un minimum de dénivelé, il ne faut pas hésiter à valoriser cette énergie, qui de plus a zéro impact sur l'environnement
- Mhylab est également actif dans le conseil en Ingénierie.



Merci pour votre attention

+41 24 442 87 87

Mhylab, chemin du Bois Jolens 6, CH-1354 Montcherand
Switzerland

<https://www.linkedin.com/company/66193004/admin/>
www.mhylab.com

Vincent Denis

vincent.denis@mhylab.com

Laurent Smati

laurent.smati@mhylab.com