

**Petite centrale hydroélectrique à Moutier « Tunnel du Graiter »
Valorisation des eaux claires issues d'un tunnel autoroutier**

Michel Hausmann

Le tunnel du Graiter reliant Moutier à Court se situe sur un tronçon de l'autoroute A16 dite « Transjurane » qui permet de relier Bienne (Suisse) à Belfort (France). L'autoroute part de Bienne et traverse le massif du Jura jusqu'à la frontière franco-suisse où elle rejoint la RN19 en direction de Belfort. Cette autoroute est en construction depuis 1987, les derniers tronçons encore en travaux devraient être terminés d'ici fin 2016.

Constitué d'un tunnel à circulation bidirectionnelle et d'une galerie de sécurité, le tunnel s'étend sur 2.4 km de longueur. Sa construction a débuté en 2007 pour se terminer en 2013, la galerie de sécurité ayant été réalisée pour la reconnaissance géologique durant les années 1998-1999.

Les nombreuses venues d'eau rencontrées avec le percement de la roche sont conduites dans la galerie de sécurité où elles sont canalisées et évacuées dans une cunette jusqu'au portail Nord du tunnel du Graiter (Moutier) puis dans un collecteur qui décharge ces eaux claires au cours d'eau de la Birse. La pente du tunnel est telle que l'évacuation des eaux par simple gravité est possible en direction de Moutier sur quelque 2.3 km, soit presque sur toute la longueur du tunnel. Le tunnel se situe à quelque 60 m au-dessus de la Birse qui s'écoule au bas des gorges et de Moutier.

L'idée d'exploiter la force hydraulique de ce système date déjà depuis la découverte de la présence d'eau dans le tunnel.

Le turbinage a débuté le 5 septembre 2015. Avec une puissance max. de 65 kW et une production annuelle de 220'000 kWh l'installation permet de couvrir les besoins en électricité de 40 à 50 ménages.

Dimensionnement des installations

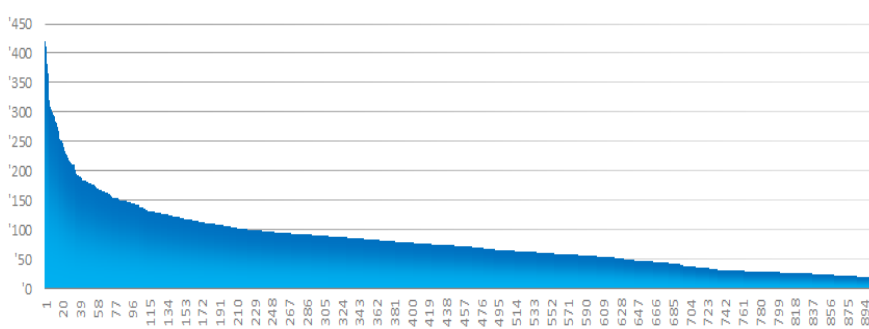
Débits

En premier lieu et afin de quantifier le potentiel exploitable, il a été nécessaire d'effectuer une série de mesures de débits et ceci sur une période qui s'étend sur plusieurs années.

Les débits ont été mesurés à l'aide d'un débitmètre qui a été installé le long d'une section droite de la canalisation existante à la sortie du portail Nord du tunnel du Graiter. Un capteur à ultrasons mesure un point de vitesse d'écoulement ainsi que la hauteur d'eau dans la canalisation. L'unité d'acquisition calcule alors la vitesse moyenne d'écoulement et le débit correspondant à partir des dimensions connues de la canalisation et à l'aide d'une routine adaptative (procédure « pulse-doppler »).



Débitmètre installé dans le collecteur

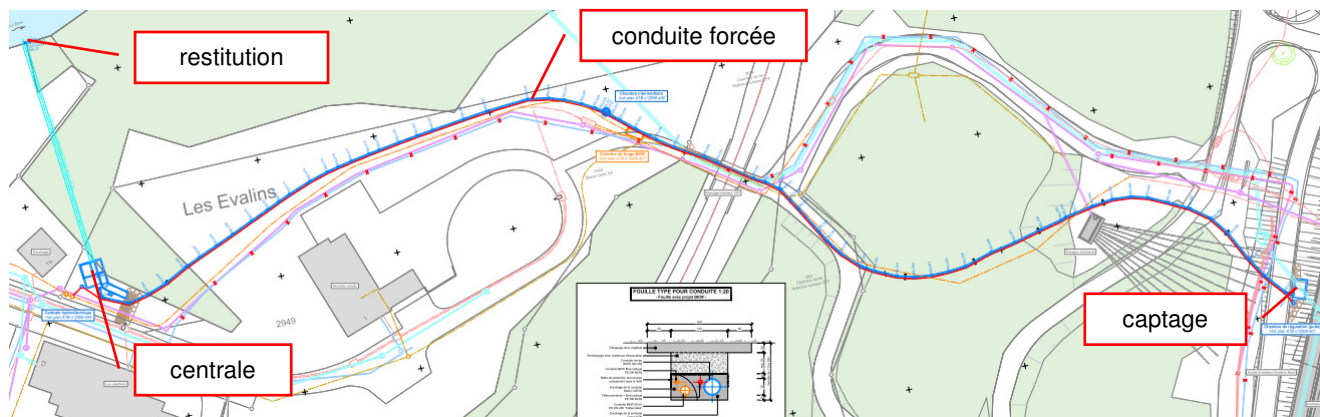


Débits journaliers moyens classés sur la période de mesure

Compte tenu des débits classés, il a préliminairement été choisi de limiter l'exploitation à 120 l/s. Des optimisations d'ordre économique ont par la suite cependant conduit à augmenter ce débit à env. 145 l/s.

Concept général

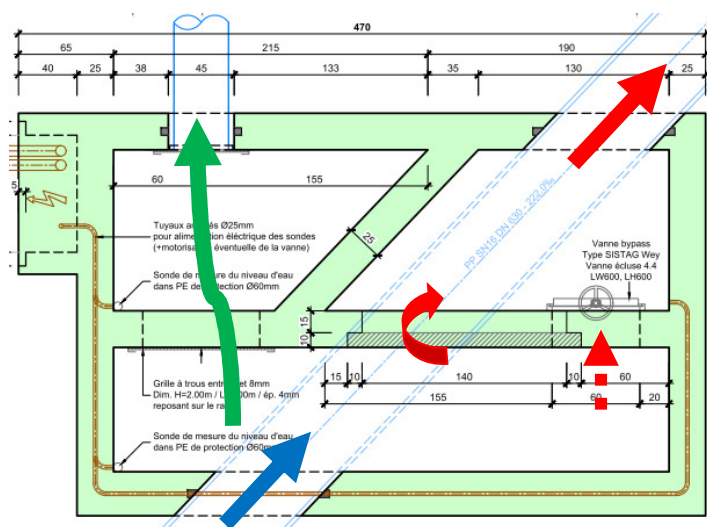
Alors que l'emplacement du captage était relativement facile à déterminer, celui de la centrale de turbinage a nécessité une réflexion plus détaillée. D'entrée il a été décidé de placer la centrale hors de la zone forêt et à bonne distance du cours d'eau de la Birse et de rester très proche des accès existants. Il a en outre aussi été choisi d'enterrer la centrale, ceci afin de profiter du maximum de la chute exploitable et ainsi aussi de rendre l'ouvrage le plus discret que possible. Malgré des investissements supérieurs à la solution la plus économique et une production quelque peu diminuée par rapport à l'optimum possible en ces lieux, ces efforts ont été récompensés avec l'obtention d'une concession de force hydraulique et permis de construire sans opposition et sans retard dans les démarches.



Situation de projet

Captage

Le captage est effectué à partir du collecteur existant autour duquel un puits avec quelque 10 m³ de volume mouillé a été construit. Le puits est équipé d'une grille perforée qui est installée à l'amont du départ de la conduite forcée. Compte tenu de la propreté de l'eau et de la surface de cette grille, il n'a pas été nécessaire d'équiper cette dernière avec un dégrilleur automatique. Un mur de trop plein délimite le volume d'eau à turbiner avec le déversement du trop-plein qui regagne le collecteur de la canalisation. La régulation de la turbine maintient un niveau d'eau constant dans le puits à quelques centimètres au-dessous de la crête déversante. A cet effet, deux sondes de niveaux d'eau livrent les valeurs mesurées au contrôle-commande de l'aménagement. Une vanne bypass permet de vidanger le puits selon nécessité.



Principe du captage (vert : eau pour turbinage, rouge : trop-plein/vidange) Puits semi-enterré

Turbinage et restitution

L'orientation du bâtiment de la centrale de turbinage a été choisie en fonction de la conduite de fuite et des machines qui ont été requises à sa réalisation. La conduite de fuite passant sous une butte de 10 m de hauteur avant de rejoindre les berges de la Birse, elle a dû être réalisée à l'aide d'un pousse-tubes (pousse-tubes forcés dans le cas présent), une fouille traditionnelle n'était pas possible.

La conduite de fuite se compose de tubes en acier de 5 m de long avec un diamètre de 800 mm. Ces tubes sont soudés bout-à-bout et forcés consécutivement dans le terrain jusqu'au point de restitution. La longueur totale de la conduite de fuite est de 46 m.



Fonçage pneumatique de la conduite de fuite (dans une enceinte de palplanches)

Restitution

L'axe d'implémentation de la turbine a été positionné le plus bas possible mais avec une réserve suffisante par rapport aux niveaux de crues de la rivière en zone de restitution. La chute brute s'élève ainsi à 56.5 m. La fosse turbine, au-dessous de la roue, assure la transition de l'eau turbinée à la conduite de fuite.

Le choix de la machine s'est porté à une turbine Pelton à axe horizontal, équipée de deux injecteurs (sans déflecteurs) et d'une vanne de garde manuelle. Particularité : la bache turbine a été réalisée en acier inox structuré en surface.

La roue Pelton est directement montée sur l'alternateur qui dispose de deux paliers à roulements. La vitesse nominale de rotation du groupe est de 612 t/min. L'alternateur (75 kW) est du type asynchrone.

Le contrôle-commande gère l'installation de manière automatique et incorpore également les protections mécaniques et électriques ainsi que la compensation du facteur de puissance de l'alternateur (batterie de condensateurs). La gestion à distance est possible à l'aide de la messagerie SMS. Une armoire d'introduction électrique dispose du compteur d'énergie avec mesure de courbe de charge ainsi que de fusibles de ligne. C'est depuis cette dernière que les câbles de puissance relient l'aménagement hydroélectrique à une station de transformateur 16 : 0.4 kV (Les Evalins).

Le local de turbinage dispose d'une ventilation pour l'évacuation de la chaleur générée par l'alternateur ainsi que d'une pompe submersible qui permet de refouler l'eau de l'intérieur du bâtiment (seulement nécessaire en cas d'urgence ou utile aussi lors de travaux d'entretien ou de nettoyage).



Groupe turbine (alternateur)

(Adduction)

(Pointeaux et roue turbine)



Fosse turbine



Centrale de turbinage enterrée (situation avant le montage de la toiture démontable et de la couverture sur l'accès)

Conduites

La conduite forcée relie l'ouvrage de captage (puits) avec la bride de l'adduction du groupe turbine.

Dans la même fouille il a été posé un tuyau de protection de câbles avec un câble BT 400V pour l'alimentation du tableau électrique du puits ainsi qu'une fibre optique pour le transfert des données entre l'automate programmable du puits et celui de la centrale. Aussi, il a été profité de poser un tuyau de protection de câbles et une commande pour BKW Energie, ceci dans le cadre de la réalisation d'une nouvelle alimentation 50 kV pour Moutier.

La conduite forcée a été réalisée en HDPE DN355 PN10 à l'aide de tubes droits de 12m de longueur ainsi que de coudes segmentés, soudés bout à bout ou à l'aide de manchons électriques. La longueur totale de la conduite forcée est de 293 m.

A env. mi-distance de pose, la conduite forcée dispose d'un tuyau démontable qui est accessible dans une chambre de service, provision pour le nettoyage de la conduite forcée par hydro-curage (le Jura est une région dans laquelle de forts dépôts de calcaire sont de coutume dans les conduites d'eau).

Remarque : avec le dépôt de calcaire dans la conduite, les pertes de charge s'élèveront à 4.2 m (7.4%) pour un débit de 120 l/s. Dans ces conditions, la chute nette passera alors à 52.3 m (valeurs de planification).

Le raccordement côté centrale a été effectué à l'aide d'un manchon mécanique.



Courbe réalisée à l'aide de tubes droits



Soudure bout à bout



Manchon mécanique (Waga)

Calendrier de réalisation :

Pré-étude :	16.07.2010
Début de la campagne de mesure des débits :	14.03.2011
Rapport technique et demande de concession :	04.04.2014
Concession de force hydraulique et permis de construire :	03.11.2014
Début des travaux du génie civil :	14.04.2015
Fin des travaux du génie civil :	18.09.2015
1 ^{ère} mise au réseau et début de l'exploitation :	05.09.2015

Intervenants principaux :

Maître d'ouvrage :	Bleue-Verte SA et Turbinor SA (Consortium culnu), Moutier
Concept et dimensionnement technique :	EnEn Sàrl, Moutier
Bureau d'ingénieurs du génie civil :	ATB SA, Moutier
Entrepreneurs:	F. Haenzi, Moutier
- génie civil / béton :	Dell'Anna Enzo SA, Moutier
- pousse-tubes :	
Réseau de distribution:	Services Industriels de Moutier (SIM)

Fournisseurs principaux :

Groupe turbine et contrôle-commande :	Hydrohrom s.r.o, Bystrice,(CZ)
Conduite forcée :	Plastitech Sàrl, Gingins

Coût du projet :

env. CHF 830'000

Conclusions :

Le projet « PCH Moutier Tunnel du Graiteray » a finalement abouti et l'installation fonctionne de manière fiable et satisfaisante.

Les efforts de développement et de réalisation pour ce type de projet sont néanmoins très conséquents. Techniquement et administrativement ce sont sensiblement les mêmes procédures et travaux d'ingénieurs qui s'appliquent que pour une installation de puissance bien plus élevée.

L'aménagement en question permet de produire de l'énergie électrique à partir d'une ressource locale et renouvelable. Elle tombe dans la catégorie des centrales hydroélectriques à utilisation accessoire tout comme les centrales de turbinage d'eau potable ou des eaux usées. Ces centrales permettent de valoriser le potentiel hydroélectrique sans impacter les cours d'eau naturels.

La production énergétique à partir de la force hydraulique est durable. Les installations ont une longue durée de vie et leur bilan énergétique est très positif. Ainsi, elles permettent entre autres la réduction globale d'émissions de dioxyde de carbone (CO₂) et contribuent à une utilisation respectueuse de nos ressources.

Certes ce n'est pas cette petite installation qui fera la différence mais, comme il est bien connu, ce sont les petites rivières qui font les grands fleuves...

Contact :

Michel Hausmann
EnEn Sàrl
Rue du Cagreu 11
2740 Moutier
Tél : +41 78 674 42 65
E-mail : enen@bluewin.ch
Web : <http://www.enen.ch>