

L'ENERGIE HYDRAULIQUE DU RUISSEAU DU VILLAGE

L'alimentation électrique décentralisée a de multiples visages. Les petites et microcentrales hydroélectriques en sont une variante. Une exploitation rentable est possible lorsque les installations peuvent être construites à moindres coûts. Un nouveau concept utilise une pompe modifiée qui, fonctionnant en sens inverse, est utilisée comme une turbine Francis (désignation : concept PaT-Francis). Une microcentrale hydroélectrique de ce type est en service à Andelfingen dans le canton de Zurich depuis fin 2018. Depuis lors, elle a démontré sa fonctionnalité dans le cadre d'un projet pilote de l'OFEN.



Obermühle à Andelfingen: le Mülibach (à droite) est utilisé pour la production d'électricité dans une petite centrale hydroélectrique. Peter Eichenberger nettoie l'entrée de temps en temps. Une grille grossière permet aux petits mammifères tels que les souris et les hérissons de sortir du canal, une plaque perforée protège les poissons. Photo: B. Vogel

Andelfingen se situe au cœur de la région viticole de Zurich. Près de 2000 personnes vivent ici, sur les rives de la Thur, laquelle se jette dans le Rhin un peu plus loin. Dans l'histoire du village, la rivière revêt une grande importance, tout comme la source, alimentée par un lac souterrain, qui jaillit au sud entre Heiligberg et Mühleberg. Les habitants d'Andelfingen ont exploité cette source fiable durant des siècles pour faire fonctionner les moulins à grains et leur prospérité se base sur elle. Le moulin Obermühle, avec son impressionnant pignon à dents, est mentionné pour la première fois en 1308. En 1972, il a cessé ses activités et fut transformé en bâtiment résidentiel avec une boutique et des bureaux. Aujourd'hui, Aide et soins à domicile Suisse, entre autres, y travaille.

Pendant des siècles, le ruisseau Mülibach de l'Obermühle a alimenté une énorme roue en bois. Dans les années 1940, elle a été remplacée par une turbine Francis, une turbine métallique compacte. L'eau arrive sur ses pales depuis l'extérieur. Il s'agit de l'histoire de l'Obermühle, mais également de son présent. En effet, une turbine y est de nouveau exploitée depuis décembre 2018. Elle ne fait pas tourner un moulin, mais produit de l'électricité qui est injectée sur le réseau électrique local. La microcentrale hydroélectrique est très appréciée dans le village. Cependant, il y a aussi des gens qui soupçonnent, qu'avec une puissance de seulement 2,5 kW, « le mendiant a été négligé ». L'ingénieur hydraulicien Peter Eichenberger (Hydro Engineering GmbH/Andelfingen) est responsable de la planification globale de l'installation. Il affirme: « Il est clair



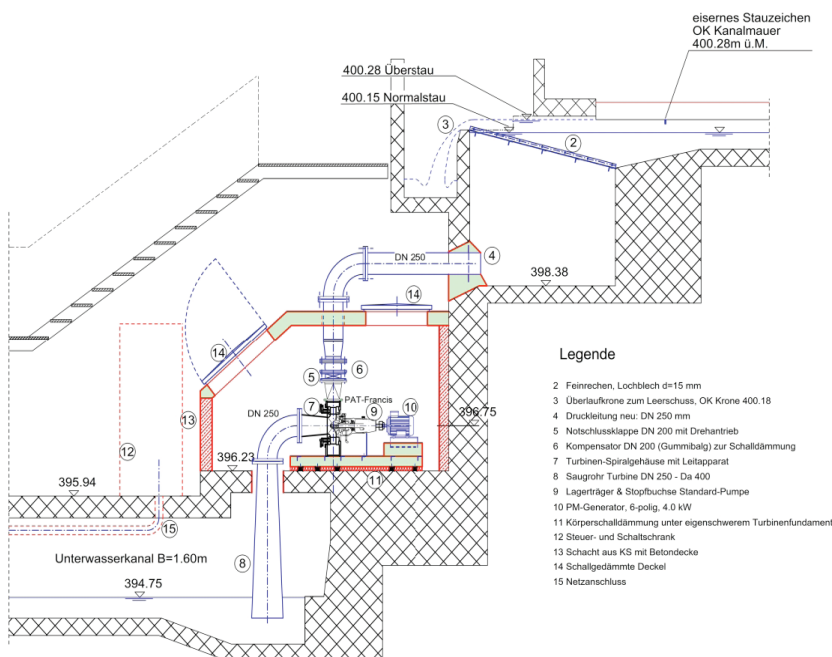
Peter Eichenberger avec le conteneur dans lequel est logée la microcentrale hydroélectrique. La turbine et le générateur reposent sur un socle isolé phoniquement qui protège les résidents et les employés du bâtiment des vibrations et du bruit. Les ventilateurs du convertisseur de fréquence produisent un bruit plus fort que prévu (à droite de l'image, partiellement caché). Photo: B. Vogel

que nous nous situons à la limite inférieure de la capacité raisonnable pour une petite centrale hydroélectrique. Mais nous voulions tester le nouveau concept PaT-Francis sur une micro-installation et ainsi maintenir les risques financiers, toujours présents dans le cas d'une installation pilote, aussi faibles que possible ».

Des composants standards

La microturbine PaT-Francis a été conçue, calculée et dessinée par l'ingénieur Jean-Marc Chapallaz (JMC Engineering,

Vue en coupe de la microcentrale hydroélectrique d'Andelfingen. La hauteur de chute de l'eau est de 5,40 mètres. La hauteur d'aspiration jusqu'au niveau aval peut être utilisée avec le concept PaT-Francis. Graphique: Hydro Engineering



Baulmes/VD). Elle se compose d'une pompe standard de la société Egger (Cressier/NE) à laquelle un distributeur a été ajouté. Cela signifie que la turbine n'implique aucune production individuelle coûteuse. Le distributeur à dix pales peut être installé sur une bride – à l'échelle – quelle que soit la taille de la pompe. Dans la mesure du possible, des composants peu coûteux issus de la production en série sont utilisés pour les systèmes et les équipements auxiliaires. La vanne d'arrêt et de sécurité qui arrête la turbine en cas de panne de courant, est un composant standard industriel. Il est fabriqué par la société Belimo (Hinwil) et est généralement utilisé pour la distribution d'eau dans les bâtiments.

Un générateur à aimant permanent est utilisé pour produire de l'électricité, ce qui permet d'obtenir des rendements élevés dans de très petits systèmes, dans la mesure où il n'y a pas de pertes pour la création d'un champ magnétique avec des bobines. Afin d'améliorer l'efficacité de la turbine pour les petits débits du Mülbach, la machine fonctionne à des vitesses variables entre 250 et 1100 tours: Si le débit nominal chute en dessous de 80 litres par seconde, non seulement les aubes directrices sont de plus en plus fermées, mais la vitesse de rotation est également réduite. Avec ce mode de fonctionnement, un convertisseur de fréquence est nécessaire pour générer les 50 hertz pour l'alimentation du réseau électrique. Le convertisseur de fréquence est un produit standard de Mitsubishi.

En route vers la rentabilité

Grâce à ces mesures et à d'autres, environ 2,5 kW électriques issus de la puissance hydraulique brute de 4,0 kW sont disponibles pour alimenter le réseau, comme le montrent les données d'exploitation disponibles à ce jour. Le rendement de la turbine PaT Francis s'élève à 75% maximum (cf. figure p. 4) et le rendement électrique (générateur, convertisseur de fréquence avec unité d'alimentation) à 84%; ce dernier est relativement modeste en raison des composants et filtres de réseau nécessaires pour la qualité de l'alimentation. « Avec un rendement global de 63% (puissance électrique par rapport à la puissance hydraulique brute), cette petite centrale se situe à environ 20 points de pourcentage en dessous d'une centrale hydroélectrique de grande puissance », explique M. Eichenberger. « Les machines PaT-Francis plus grandes à partir d'une puissance de 10 kW peuvent permettre un rendement pouvant atteindre et dépasser 70%. »



Dans le cadre du projet PaT-Francis, une pompe à eaux usées est utilisée en tant que turbine Francis. Ce type de machine est adapté pour les centrales hydroélectriques avec une puissance et une hauteur de chute moindres. Photo: Hydro Engineering

Une bonne dizaine d'années se sont écoulées entre l'idée de la PaT-Francis et la mise en service de l'usine pilote à Andelfingen. La société Revita power GmbH (Laupersdorf/SO) a construit et monté l'installation avec la commande. La petite centrale hydroélectrique fonctionne de manière fiable depuis sa mise en service fin 2018. La seule « maladie d'enfance » au cours de la première année de fonctionnement fut le rem-



Cette turbine Francis actionnait un moulin à grains dans le moulin Obermühle à Andelfingen de 1941 à 1972. Aujourd'hui, le même type de turbine est utilisé pour produire de l'électricité, la turbine Francis étant construite d'une nouvelle manière à partir d'une pompe à laquelle est ajouté un distributeur. Photo: B. Vogel



Vue de l'intérieur de la turbine sur la roue ouverte à deux aubes .
Photo: Revita Power

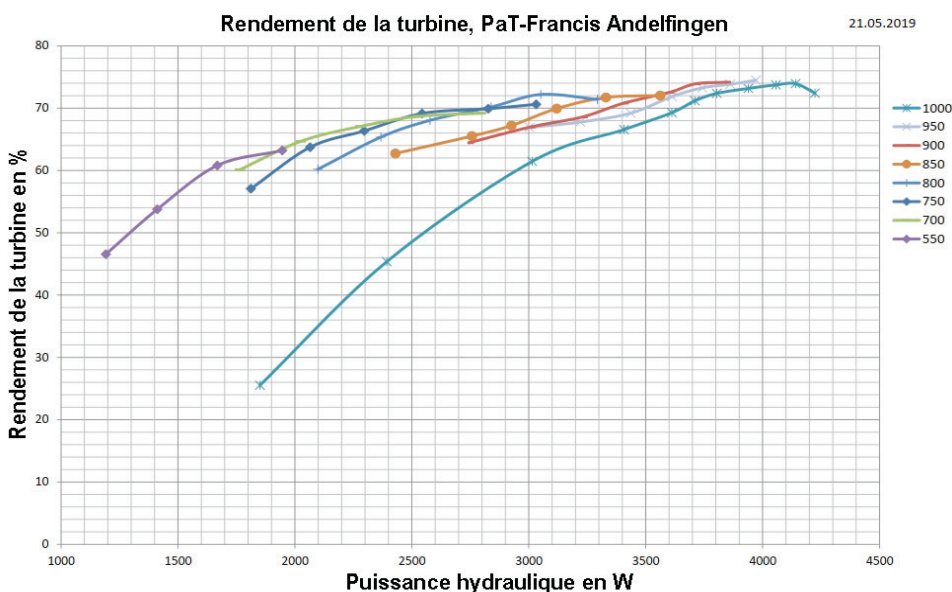


Avec dix pales, le distributeur régule la quantité d'eau qui circule dans la turbine. Photo: Revita Power

placement la roue de la pompe par une roue de géométrie légèrement corrigée en raison de la cavitation (formation indésirable de bulles de vapeur). En 2019, la production électrique est restée inférieure aux attentes. Le Mülibach n'a apporté que très peu d'eau, car le niveau de la nappe phréatique – principale source du cours d'eau – ne s'était pas encore remis de l'extrême sécheresse de l'année précédente. En 2020, l'objectif de production annuelle de 12'000 kWh peut être atteint au vu des résultats précédents. Cela correspond aux besoins annuels de trois ménages et est comparable au rendement d'une installation PV de taille moyenne.

Avec des coûts d'investissement de 80'000 Fr. (sans compter le système de déversoir qui a été reconstruit grâce aux con-

tributions de la communauté, des initiateurs et des autorités chargées de la préservation des monuments) et une durée de vie utile de 40 ans, les exploitants prévoient un prix de revient de 25 centimes par kilowattheure, en tenant compte de l'exploitation et de la maintenance (taux d'intérêt de 1%; accumulation d'un fonds de renouvellement et de pièces de rechange de 600 Fr. par an). « Grâce à 20 ans de financement RPC et à la vente ultérieure de l'électricité aux prix du marché, la centrale peut produire économiquement de l'électricité à petite échelle », déclare Peter Eichenberger, en résumant le principal résultat du projet, « techniquement, notre concept est mûr et prêt à être utilisé sur d'autres sites ». Il convient de noter que, dans le cas d'Andelfingen, une concession pour l'utilisation de l'énergie hydraulique existait déjà. Cet-



La turbine PaT Francis de la microcentrale hydroélectrique d'Obermühle Andelfingen a un rendement compris entre 60 et environ 75%. en fonction de la vitesse de rotation
Graphique: Rapport intermédiaire OFEN

te exigence n'est parfois pas satisfaite sur d'autres sites, ce qui peut rendre difficile la réalisation d'une petite centrale hydroélectrique.

Deux nouveaux projets

Les promoteurs du concept PaT-Francis considèrent qu'il convient aux petites centrales électriques d'une puissance de 10 à 50 kW, et lorsque la hauteur de l'eau ne dépasse pas 30 à 50 m (basse à moyenne pression). L'expérience montre qu'avec une installation de cette taille, les coûts d'exploitation sont réduits jusqu'à 15 cents/kWh. Peter Eichenberger planifie actuellement deux centrales de cette taille: une dans le Toggenburg pour compléter une turbine existante plus grande, et une autre dans une centrale électrique sur la Birse dans le cadre de la réhabilitation de la passe à poissons. Sur la Birse, des mesures techniques doivent être introduites pour créer un courant d'appât pour les poissons qui remontent la passe à poissons. Au lieu de simplement injecter l'eau par une vanne dans un bassin de dissipation d'énergie, l'énergie est extraite du débit d'appoint au moyen d'une turbine PaT-Francis, ce qui permet non seulement d'économiser de l'espace et des coûts pour le grand bassin en béton, mais également d'obtenir une précieuse énergie électrique.

- Le **rapport final** sur le « Projet pilote d'un pack global PaT-Francis pour l'exploitation de petits potentiels hydroélectriques dans les équipements d'aide à la migration des poissons et les barrages et canaux historiques » sera bientôt disponible sur <https://www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=41555>
- L'ingénieur Dr Klaus Jorde (klaus.jorde@kjconsult.net), responsable du projet de l'OFEN « Energie hydraulique », communique des **informations** concernant le projet.
- Vous trouverez d'autres **articles spécialisés** concernant les projets phares et de recherche, les projets pilotes et de démonstration dans le domaine de l'énergie hydraulique sur www.bfe.admin.ch/ec-wasser.

PROJETS PILOTES ET DE DEMONSTRATION DE L'OFEN

La planification et la construction de la turbine PaT Francis ont été soutenues par le programme pilote et de démonstration de l'Office fédéral de l'énergie (OFEN). L'OFEN encourage ainsi le développement et l'expérimentation de technologies, de solutions et d'approches innovantes qui contribuent de manière significative à l'efficacité énergétique ou à l'utilisation des énergies renouvelables. Des requêtes d'aide au financement peuvent être déposées à tout moment.

➤ www.bfe.admin.ch/pilotdemonstration