

Barrage de la Maigrauge - Usine électrique de l'Oelberg - Passerelle de la Maigrauge

Compilation de documents, liens et images internet.	Cette liste Ci-dessous	origine des textes et Photos + Infos supplémentaires, quelques liens	1p
Barrage de la Maigrauge	https://fr.wikipedia.org/wiki/Barrage_de_la_Maigrauge		
	1	Office du tourisme + La Liberté	4p
	2	Panneaux didactiques, Groupe e	1p
	3	Quelques spécifications, Groupe e	1p
	4	Réhabilitation	8p
Ascenseur à poissons	5	Extrait du Sentiers de l'eau	2p
Industrialisation du Plateau de Pérolles	6	Extrait du Sentiers de l'eau https://sentiersdeleau.ch/fr/ en français https://sentiersdeleau.ch/de/ auf deutsch	2p
Guillaume Ritter	7	Extrait du livre des 125 ans de l'école d'ingénieur https://125.heia-fr.ch/livre-historique.html	3p
Passerelle de la Maigrauge	8	Photos internet Destruction de la passerelle http://www.mair.ch/crue_2005/maigrauge.htm	1p
Moteur Diesel de la Maigrauge	9	Photo e-periodica Le Temple du moteur Marin e-periodica Usine Thermique de la Maigrauge e-periodica A la Maigrauge, Les Bielles du Seigneur	1p 2p 1p 5p
Grotte de Pérolles	10	Texte office du tourisme / Photos R.Andrey	2p
Usine de l'Oelberg	11	Extrait du Sentier de l'eau + Groupe e	2p
Des trésors aux portes de la ville de fribourg	12	La Liberté	2p
Quelques détails supplémentaires		Historiques des Installations hydrauliques canton Frib. http://www.andrey.li/fribourg/installationshydrauliques.pdf	

total 38 pages



Haute école d'ingénierie et d'architecture Fribourg
Hochschule für Technik und Architektur Freiburg



Barrage de la Maigrauge

Un barrage-pont

A l'origine, le barrage de la Maigrauge, situé derrière la colline de Bourguillon, n'avait rien d'un pont. Mais son couronnement sert aujourd'hui de « passerelle » sur la Sarine, succédant à celle de la Maigrauge emportée par une crue en 2005. Construit dans les années 1870, le barrage fut le premier édifié sur la Sarine mais aussi le premier en béton mis en eau dans le monde, en 1873. La retenue d'eau sert aujourd'hui à la production hydroélectrique dans deux usines : l'une à proximité du barrage et l'autre située en Basse-Ville, à l'extrémité du pont du Milieu.

La nature a rappelé sa puissance le 22 août 2005, lorsque la Sarine est sortie de son lit pour inonder la plaine de la Maigrauge. La crue avait un caractère exceptionnel. On estime qu'une telle crue se produit tous les 200 ans sur la Sarine.

L'ingénieur Guillaume Ritter, d'origine alsacienne, avait des projets grandioses lorsqu'il a construit le barrage de la Maigrauge. Il voulait ouvrir le site au tourisme en créant hôtels, croisières et un train vers les sommets voisins. Il fit faillite.

Caractéristiques principales :	Type de construction	barrage poids en béton
Longueur totale	113.50 m	
Largeur de l'ouvrage	base 23 m Couronnement 4.25 m	
Hauteur maximale	21 m	
Année de mise en service	1873	



Le barrage de la Maigrage, premier barrage en béton d'Europe

A Fribourg, le barrage de la Maigrage, érigé au XIXe siècle, a laissé des traces de l'époque industrielle



LA LIBERTÉ

13 juillet 2023

Rémi AI

La construction du barrage de la Maigrage s'est déroulée entre 1870 et 1873.

© Alain Wicht

C'est un ouvrage pionnier, une première européenne, et il se situe en contrebas des falaises de la ville de Fribourg. Le barrage de la Maigrage, premier barrage en béton d'Europe, trône en Basse-Ville depuis déjà un siècle et demi. Sa construction s'est déroulée entre 1870 et 1873, à l'initiative de Guillaume Ritter, un industriel entreprenant d'origine alsacienne. Discrète, cachée dans les méandres de la Sarine, la structure témoigne de l'industrialisation régionale, des débuts de l'électricité et du développement de la capitale cantonale.



On peut aujourd'hui encore contempler des souvenirs de cette époque. De fières tourelles coiffées de verdure et un long tunnel, entre autres, se fondent dans le décor naturel du site. «Tout commence en 1860, à l'ère des premiers balbutiements du chemin de fer», raconte Dominique Yerly, guide pour ouvrage chez Groupe E et Electrobroc. «La ville de Fribourg a dû déboursé une importante somme d'argent pour que le train qui relie Berne et Lausanne passe par Fribourg et non par Payerne.»



«La ville n'avait plus beaucoup d'argent. Elle a donc vendu la concession illimitée de la zone à Guillaume Ritter» Dominique Yerly

En pleine expansion, la cité des Zaehringen voit le haut de la ville se peupler et les besoins en eau dans cette zone grandir. Pour répondre à ce défi, les autorités font appel à un certain Guillaume Ritter, maître d'ouvrage de l'adduction d'eau de Neuchâtel. «La ville n'avait plus beaucoup d'argent. Elle a donc vendu la concession illimitée de la zone à Guillaume Ritter, mandaté pour pomper l'eau vers la ville. Dès 1870 commence la construction du barrage de la Maigrauge.» Avec la force hydraulique émanant de la chute d'eau du barrage, il était possible de distribuer l'eau potable dans les maisons, d'alimenter les fontaines et les hydrantes et de permettre un nettoyage plus en profondeur des rues.

Un potentiel prometteur

L'exploitation de l'énergie issue de cette retenue d'eau permet donc de pomper et filtrer l'eau jusqu'à la colline du Guintzet. «Mais Ritter y voit également une opportunité d'industrialisation», pointe le spécialiste. «A l'aide d'un système fermé de câblage, d'une longueur de deux fois 1,2 km, la distribution de l'énergie peut bénéficier aux entreprises établies sur le plateau de Pérolles. C'est le principe de la transmission téléodynamique.»

Dans cette optique, des piliers sous forme de tourelles sont bâtis, un tunnel creusé pour laisser passer le câble. Ces infrastructures sont édifiées sur des hectares de forêts qui avaient été rachetés par l'industriel alsacien en même temps que la concession.



Avec toute sa fortune et ses possessions, Guillaume Ritter installe à Fribourg une scierie (il fallait bien faire quelque chose du bois issu de son terrain en forêt), une fabrique d'engrais et une pisciculture, mais surtout une fabrique de wagons et de voies de chemins de fer. Il voit dans ce mode de déplacement l'avenir et y investit une grande partie de son argent. A côté de ces débuts fructueux, la France et l'Allemagne voisines se font la guerre entre 1870 et 1871. «La crise financière qui s'ensuit marque un coup d'arrêt dans le commerce des chemins de fer», souligne Dominique Yerly.

Fin en queue de poisson

Fatalement, en 1875, la société de Ritter fait faillite. Il faudra treize ans pour que celle-ci soit surmontée. La ville de Fribourg veut racheter le site, mais le canton y voit une opportunité pour développer l'électricité sur son territoire. L'Etat reprend alors toutes les parts des entreprises de Ritter et trois ans plus tard, en 1891, le barrage produit pour la première fois de l'électricité. Ce rachat marque le lancement des entreprises électriques fribourgeoises, devenues Groupe E en 2006 à la suite d'une fusion avec Electricité neuchâteloise SA.

En 1875, la société de Ritter fait faillite

Avec l'arrivée de l'électricité, les tourelles érigées pour profiter de la force téléodynamique produite à l'aide du barrage n'ont plus lieu d'être. «Le système de câblage et de poulies est démantelé en 1895.» Mais les aménagements pour ce système, eux, resteront. Triste coup du sort, l'envasement

Quelques années plus tard, le barrage connaîtra plusieurs séries d'aménagements pour répondre aux besoins croissant en électricité, mais aussi pour contourner la problématique de l'ensablement du lac. «Une galerie de 272 mètres a été creusée au travers de la colline de Bourguillon jusqu'à l'Oelberg, où une centrale au fil de l'eau avait été construite. Cela a permis de produire davantage d'électricité», précise Dominique Yerly.



Aujourd'hui, il suffit de se balader autour du lac de Pérolles sur un chemin au nom étrangement familier, le «sentier Ritter», pour apercevoir des marques de l'évolution régionale. Envahis par la végétation, ces vestiges sont comme les cicatrices d'une expérience industrielle en plein cœur de Fribourg. Il est même possible de faire d'une simple balade une expérience immersive: le sentier Ritter passe par l'intérieur du tunnel qui accueillait initialement le câble télémécanique.

Barrage de la Maigrauge

Premier barrage en béton d'Europe, la Maigrauge a été mis en service en 1872. Réhaussé en 1909 pour alimenter la centrale de Rœlberg, il a été entièrement réhabilité en 2005. Als erste Betonstaumauer in Europa wurde die Maigrauge 1872 in Betrieb gesetzt. 1909 wurde sie zur Versorgung des Kraftwerks Rœlberg erhöht und 2005 komplett saniert.



Fiche technique

Hauteur du barrage: 21 m
Volume utile du lac: 0,13 mld m³
Surface du lac: 0,26 km²
Débit total turbiné: 323 m³/s
Puissance totale: 17 MW

En savoir plus

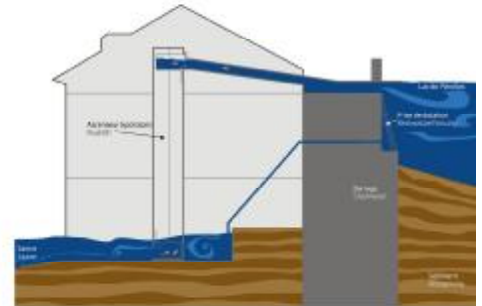
Visite en groupes possible sur rendez-vous uniquement au 0840 40 40 30.
Tour du lac de Pérolles en parcourant le « Sentier de l'eau » et découverte de la riche histoire industrielle avec le « Sentier Ritter ».

Technische Daten

Höhe der Staumauer: 21 m
Nutzvolumen: 0,13 Mld m³
Seefläche: 0,26 km²
Durchfluss total: 323 m³/s
Leistung total: 17 MW

Mehr Informationen

Gruppenbesichtigungen nur auf Voranmeldung unter 0840 40 40 30.
Rundgang um den Pérolles-See über den « Wasserweg » und Entdeckung der reichen Industriegeschichte auf dem « Ritterweg ».



L'ASCENSEUR À POISSONS

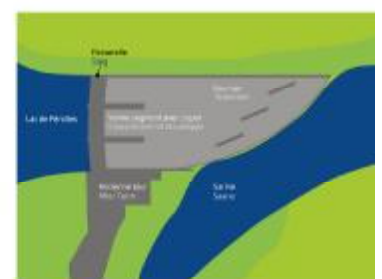
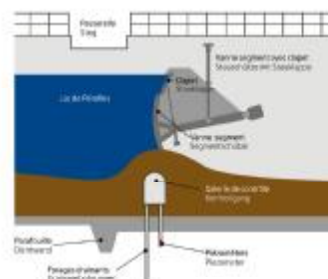
Dans le cadre de la réhabilitation du site en 2005, Groupe E a mis en service l'un des plus grands ascenseurs à poissons pour un coût de 1,3 million de francs.
L'ascenseur est en service 24 heures sur 24 et élève les poissons dans le lac de Pérolles toutes les deux heures. Environ 17 millions de poissons sont élevés chaque année, en particulier des truites communes, des gardons et des brèmes.

DER FISCHLIFT

Im Rahmen der Staumauerrenovierung im Jahr 2005 hat Groupe E mit einer Investition von 1,3 Millionen Franken einen der größten Fischlifte eingeweiht.
Der Fischlift werkt und rund um die Uhr in Betrieb und bringt alle zwei Stunden Fische zum Nahrungstank. Der Aufzug über 17 Meter dauert weniger als 40 Sekunden jährlich nutzen zwischen 4000 und 5000 Fische den Lift, vor allem gewöhnliche Forellen, Karpfen und Brassen.

Barrage de la Maigrauge

En 2003, l'évacuateur de crues de la Maigrauge a été entièrement réaménagé afin de garantir une gestion optimale des fluctuations du débit de la Sarine et, en 2013, le coursier a été revêtu en béton et doté de trois blocs déflecteurs. 2003 wurde die Hochwasserentlastung der Maigrauge vollständig erneuert, um die Schwankungen der Wassermenge der Sarine optimal auszugleichen, und 2013 wurde das Tosbecken mit Beton verkleidet und mit Deflektorböcken versehen.



Fiche technique

Débit évacué au niveau 553,20 m en rive gauche:
• par clapet: 37 m³/s
• par segment: 240 m³/s
• trois passes libres: 682 m³/s
en rive droite:
• par clapet: 46 m³/s
• par passe libre: 212 m³/s

En savoir plus

Visite en groupes possible sur rendez-vous uniquement au 0840 40 40 30.
Tour du lac de Pérolles en parcourant le « Sentier de l'eau » et découverte de la riche histoire industrielle avec le « Sentier Ritter ».

Technische Daten

Abfluss auf Höhe 553,20 m am linken Ufer:
• pro Klappe: 37 m³/s
• pro Segment: 240 m³/s
• drei freie Durchläufe: 682 m³/s
am rechten Ufer:
• pro Klappe: 46 m³/s
• pro freien Durchlauf: 212 m³/s

Mehr Informationen

Gruppenbesichtigungen nur auf Voranmeldung unter 0840 40 40 30.
Rundgang um den Pérolles-See über den « Wasserweg » und Entdeckung der reichen Industriegeschichte auf dem « Ritterweg ».

Le lac de Pérolles a vu le volume de sa retenue décroître rapidement après sa mise en service à la fin du XIX^e siècle, avec par exemple la création naturelle de la roseraie. Son niveau présentait en outre une faible marge de variation, la centrale hydroélectrique est désormais exploitée au fil de l'eau, sans réelle accumulation.

Pourquoi un évacuateur de crues?

La Sarine peut connaître de fortes crues, par exemple 670 m³/s en 2005. L'évacuateur a été dimensionné pour une crue de sécurité de 1190 m³/s.
En raison de l'érosion, le coursier naturel en moësse situé en aval de l'évacuateur a dû être revêtu de béton et muni de trois blocs déflecteurs qui permettent de dissiper l'énergie de l'eau et de protéger la rive droite en déviant le courant vers l'aval.

Das Stauvolumen des Pérolles-Sees hat nach der Inbetriebnahme gegen Ende des 19. Jahrhunderts schnell abgenommen, zum Beispiel durch die natürliche Bildung des Röhrichs. Da sein Niveau zudem nur wenig schwankt, wird das Wasserkraftwerk seitdem direkt am Wasserlauf betrieben, ohne wirkliche Stauung.

Warum eine Hochwasserentlastung?

Die Sarine kann stark ansteigen, so zum Beispiel im Jahr 2005 auf 670 m³/s. Die Hochwasserentlastung wurde deshalb zur Sicherheit für einen Anstieg auf 1190 m³/s konzipiert. Aufgrund der Erosion musste das natürliche Moësse-Tosbecken unterhalb der Hochwasserentlastung mit Beton überzogen und mit drei Deflektorböcken ausgerüstet werden, welche den Flusslauf teilweise umlenken und so das rechte Ufer schützen.

Spécifications du barrage



Ascenseur à poissons



Données techniques

Hauteur	13-21 m
Longueur du couronnement	113.50 m
Volume du barrage	28 000 m ³
Volume de la retenue	0.65 mio m ³
Surface de la retenue	350 000 m ²
Surface du bassin versant	1250 km ²
Capacité d'évacuation des crues	890 m ³ /s
Type d'évacuateur de crues	4 vannes de type segment avec clapet

Comportement du barrage

Déformation de la section principale	env. 4 mm
--------------------------------------	-----------

Histoire

Période de construction	1870-1872
Surélévation du barrage	1910
Réhabilitation complète	2000-2004

Pallier hydroélectrique lié au barrage

Nom de la centrale	Centrale de l'Oelberg
Chute brute	21.40 m
Puissance installée	16.9 MW

Référence

Travaux de réhabilitation de l'aménagement de l'Oelberg - Maigrauge, Fribourg



Auteur: Gabriel Thévaz, Groupe E SA

Situation:



Nom du barrage

Nom de la retenue
Rivière
Lieu/Canton
Propriétaire
Affectation principale
Type de barrage
Fondation, type de rocher

La Maigrauge

Lac de Pérolles
La Sarine
Fribourg
Groupe E SA
Production hydroélectrique
Poids
Matière grasseuse



Travaux de réhabilitation de l'aménagement de l'Oelberg-Maigrage, Fribourg

36

■ Daniel Golliard, Philippe Lazaro, Jean-Bernard Demont, Bertrand Favez

1. Introduction

L'aménagement de l'Oelberg-Maigrage, érigé sur la Sarine en amont de la basse ville de Fribourg et propriété des Entreprises Electriques Fribourgeoises (EEF), fait actuellement l'objet d'importants travaux de réhabilitation. Ces derniers visent à conférer aux différents ouvrages de l'aménagement des conditions de sécurité et d'exploitation conformes aux exigences et aux normes actuelles. En effet, pendant près de 50 ans, le barrage de la Maigrage n'a été l'objet d'aucune intervention majeure. Cet état de fait a rendu nécessaire, vers le milieu des années 80, l'évaluation approfondie des conditions d'exploitation et de sécurité des ouvrages.

L'analyse du comportement du barrage poids pour des conditions normales d'exploitation comme lors de situations exceptionnelles a mis en évidence la nécessité de mesures constructives pour accroître sa stabilité. La solution retenue consiste à majorer les forces stabilisantes du barrage au moyen de tirants précontraints ancrés dans la fondation et tendus avec une force de 1600 kN chacun.

L'évolution des critères de sécurité liés à l'évacuation des crues associée à la vétusté des organes mobiles ont conduit à proposer la reconstruction de l'ouvrage de décharge de l'aménagement. Ce nouvel ouvrage, muni de 3 vannes segment équipées de clapets, sera en mesure d'évacuer un débit de dimensionnement de 850 m³/s.

Les difficultés d'exploitation et de fonctionnement des prises d'eau, imputables à la vétusté des équipements hydromécaniques ainsi que la détérioration des bétons inhérente aux effets du vieillissement et à des tassements différentiels des fondations ont amené à prévoir la démolition partielle des deux prises d'eau actuelles qui seront remplacées par un ouvrage unique qui alimentera les deux galeries d'amenée.

Enfin, le franchissement du barrage par la faune piscicole sera assuré par l'intermédiaire d'un ascenseur à poissons, qui sera installé dans l'ancienne usine attenante au barrage sur rive droite, et par un ouvrage de dévalaison également implanté sur rive droite.

Les travaux ont débuté en été 2000 et s'étendront jusqu'au printemps 2003. Le coût des travaux, qui comprend les ouvrages de génie civil ainsi que les fournitures hydromécaniques et électriques, est estimé à environ CHF 25 mio. A relever que ces travaux ne vont entraîner aucune augmentation de la production d'énergie.

2. Historique de l'aménagement

C'est en 1870, que l'ingénieur Guillaume Ritter mit à exécution son projet d'aménagement de la Maigrage, proche du couvent du même nom en basse ville de Fribourg. Cette réalisation constitua alors le pilier central d'un vaste programme de développement industriel de la ville.

Le barrage, de type poids, a été réalisé, pour la première fois en Europe, en béton avec des agrégats extraits de la Sarine. La réalisation, telle qu'illustrée à la figure 1, a nécessité la mise en œuvre de quelque 32 000 m³ de matériaux. La longueur totale du couronnement après l'achèvement de l'ouvrage s'élevait à environ 120 m et la hauteur sur la fondation se situait entre 13 m et 21 m. Au pied du barrage l'épaisseur minimale du monolithe atteint 14 m pour croître progressivement jusqu'à 26 m en correspondance de la

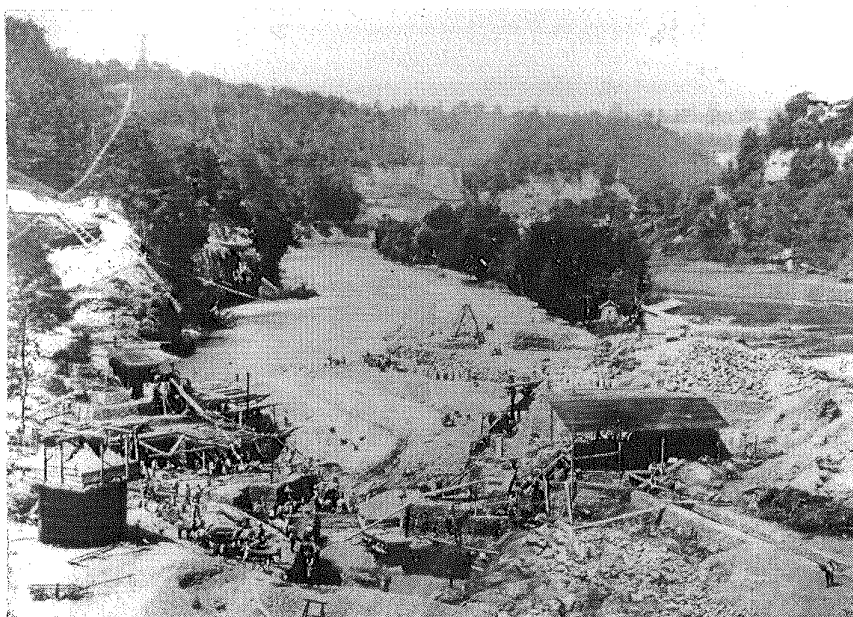
section la plus haute. Le barrage ne comporte ni joints de contraction, ni drainages, ni galeries de visite.

L'aménagement, tel qu'il se présentait avant les travaux de réhabilitation, est illustré à la figure 2.

L'usine, implantée sur la rive droite, était équipée à l'origine de 2 turbines, l'une destinée à actionner une pompe pour l'alimentation en eau potable du réservoir du Guintzet, situé quelque 160 m plus haut, l'autre pour transmettre la force motrice aux industries du plateau de Pérolles au moyen d'un système de câbles téléodynamiques.

Pour assurer l'évacuation des crues, un seuil déversant a été excavé dans la molasse sur rive gauche à l'emplacement de l'ouvrage de décharge actuel. Le barrage était également équipé d'une vidange de fond d'une capacité de 100 m³/s. Cet organe a cependant été rapidement mis hors service, obstrué par les matériaux et autres débris transportés par le courant. Son pertuis est aujourd'hui masqué par un revêtement de béton projeté, mis en œuvre en 1959 et étendu à tout le parement aval du barrage.

En 1895, l'usine a subi une première transformation en vue de produire de l'énergie électrique. En 1909, le couronnement du



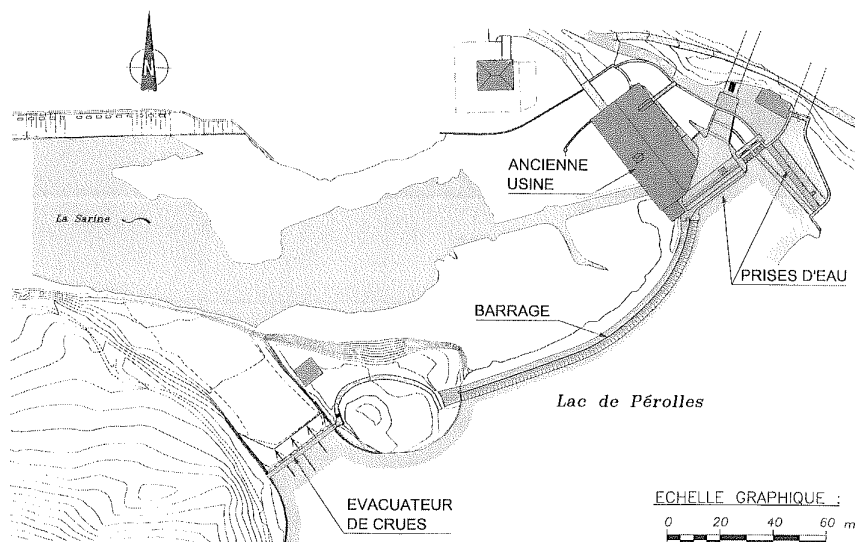


Fig. 2. L'aménagement de l'Oelberg-Maigrauge avant les travaux de réhabilitation.

barrage a été surélevé de quelque 2,75 m jusqu'à sa cote actuelle, soit 552,90 m s.m. et prolongé du côté amont par un muret de quelque 40 cm de haut; cette surélévation a été probablement motivée par l'ensablement rapide de la retenue. Une prise d'eau sur rive droite, réalisée en 6 1/2 mois, achemine par une galerie d'environ 280 m de long creusée sous la crête de Lorette, un débit de 33 m³/s vers la nouvelle usine de l'Oelberg. Cette dernière a été équipée de 3 turbines de type Francis d'une puissance de 1,85 MW chacune. La chute brute de l'aménagement, inchangée depuis lors, atteint 20 m. Dans le cadre de ces transformations, le seuil de l'évacuateur de crues a été conforté et équipé des 4 vannes actuelles de type segment d'une hauteur de 4,55 m et d'une largeur de 7,25 m chacune. La capacité de décharge de l'ouvrage s'élève à 465 m³/s pour un niveau de retenue situé à la cote maximale d'exploitation, soit 553,20 m s.m. Pour les travaux de surélévation du barrage, les agrégats ont été amenés au moyen de chalands depuis les gravières de la Sarine situées 1 km en amont et le ciment acheminé par téléférique à partir du plateau de Pérolles.

En 1941, l'aménagement a été complété par une seconde prise d'eau et une nouvelle galerie d'amenée à l'usine de l'Oelberg, elle-même agrandie et équipée d'une turbine supplémentaire de type Kaplan d'une capacité de 33 m³/s pour une puissance de 5,5 MW. Le débit d'équipement de la centrale a été ainsi porté de 33 m³/s à 66 m³/s. La capacité de décharge de l'aménagement a été également accrue de 180 m³/s par l'installation de 3 vannes planes en rive droite en vue de faciliter les conditions d'exploitation des prises d'eau. Les débits évacués sur rive droite sont restitués à la Sarine au pied du barrage par un canal de chasse qui contourne l'ancienne usine.

En 1956, l'usine de l'Oelberg a été équipée d'une turbine supplémentaire de type Kaplan d'une capacité de 33 m³/s pour une puissance de 5,5 MW, augmentant ainsi le débit équipé de l'usine de 66 m³/s à 99 m³/s. Enfin en 1980, l'usine de l'Oelberg a été modernisée avec entre autre le remplacement des 3 turbines Francis par de nouveaux groupes du même type.

Aujourd'hui, l'aménagement de l'Oelberg-Maigrauge constitue un maillon de la chaîne des aménagements hydroélectriques érigés sur la Sarine avec à l'amont et à l'aval les barrages de Rossens et de Schiffenen. La production annuelle moyenne, y compris le turbinage au barrage du débit de dotation de 4 m³/s, s'élève à 52 millions de kWh.

La retenue de Pérolles s'étend sur une distance de quelque 3,3 km et occupe une superficie proche de 0,35 km². Elle est alimentée par un réseau hydrographique qui couvre une surface de 1250 km², dont 954 km² jusqu'au barrage de Rossens, et draine les eaux des glaciers du Sanetsch et du Wildhorn ainsi que des rivières des Préalpes vaudoises, fribourgeoises et bernoises.

Il faut encore relever la présence de roselières dont la formation résulte du processus de dépôt des sédiments dans la retenue. La conséquence en est essentiellement la réduction progressive jusqu'à une valeur de 620 000 m³ de la capacité de stockage de la retenue et, par suite, une exploitation qui se fait au fil de l'eau avec un marnage se situant entre les cotes 552,70 m s.m. et 553,20 m s.m. seulement. Le volume utile de la retenue n'est plus que d'environ 133 000 m³.

La vue aérienne (figure 3) de l'aménagement de l'Oelberg-Maigrauge permet de situer les différents ouvrages et rend parfaitement compte de l'étendue ainsi que de l'importance d'une des roselières.

3. Objectifs du projet de réhabilitation

3.1 Sécurité en cas de crues

L'évolution des critères de sécurité pour l'évacuation des crues associée à une meilleure connaissance des débits de la Sarine à Fribourg après la construction du barrage de Rossens, en 1949, ont justifié la vérification des caractéristiques hydrologiques et hydrauliques de l'aménagement de l'Oelberg-Maigrauge.

Le régime hydrologique de la Sarine à Fribourg est influencé dans une très large mesure par l'exploitation de l'aménagement de Hauterive-Rossens en amont. De fait, les données de débits pour la retenue de Pérolles ont été mises à jour en intégrant le laminage important opéré par la retenue de Rossens sur les crues incidentes.

Pour la crue millénale, définie comme crue de projet, le débit de pointe de la Sarine à Fribourg a ainsi été fixé à 850 m³/s. Il comprend un débit de 315 m³/s évacué au barrage de Rossens, auquel s'ajoute un débit de 535 m³/s sur le tronçon de la Sarine entre le barrage de Rossens et la retenue de Pérolles.

Pour la crue de sécurité, le débit de pointe a été fixé à 1190 m³/s. Il résulte d'une vidange rapide de la retenue de Rossens, soit 930 m³/s, associée à un débit de 260 m³/s sur le tronçon aval.

Dans sa configuration actuelle, l'aménagement n'est pas en mesure de décharger en sécurité les débits de crues précédents, ce qui a amené à considérer une augmentation sensible de la capacité des organes de décharge du barrage.

Dans la configuration de l'aménagement réhabilité, le débit millénal est déchargé à l'aval du barrage en admettant que l'organe de plus grande capacité est hors service (condition n-1). Pour des raisons de sécurité, il n'est toléré lors des crues aucun débordement par-dessus le couronnement du barrage. Un tel débordement est cependant envisagé durant les travaux de réhabilitation de l'évacuateur de crues sur rive gauche afin d'assurer, en complément de la capacité de décharge de l'organe installé en rive droite, le transit de la crue de chantier, fixée à 450 m³/s. Le barrage aura été préalablement renforcé par les ancrages.

3.2 Sécurité structurale des ouvrages

Les ouvrages réhabilités doivent satisfaire aux critères de stabilité et de sécurité actuels en tenant compte des conditions d'exploitation normales et exceptionnelles. La vérification de ces exigences a nécessité au préalable la connaissance détaillée des

ouvrages, de leur fondation ainsi que des matériaux constitutifs.

La connaissance des matériaux et des conditions de sous-pressions sous le barrage a demandé la réalisation de sondages, d'essais in situ et d'essais en laboratoire sur des échantillons prélevés sur les ouvrages. Le diagnostic général des ouvrages a été dressé par l'intermédiaire des inspections visuelles et, si nécessaire, conforté par des mesures qualitatives permettant une meilleure appréciation des défauts et des détériorations affectant les différents matériaux.

Sur la base des résultats des investigations ainsi que ceux des différentes analyses, la stabilité des ouvrages existants a été jugée critique, justifiant de fait la mise en œuvre de mesures de confortement. Dans la configuration de l'aménagement réhabilité, la stabilité des ouvrages est assurée avec une marge suffisante à compenser les incertitudes liées notamment à la connaissance des ouvrages et des matériaux constitutifs.

3.3 Amélioration des conditions d'exploitation de l'aménagement

Outre la sécurité et la pérennité des ouvrages, le projet de réhabilitation améliore les conditions d'exploitation de la retenue. En effet, à la Maigrage, un problème majeur est posé par les corps flottants et notamment les troncs d'arbres transportés par la Sarine lors des crues et qui s'accumulent devant les ouvrages de prise.

Pour la prise d'eau, la conception de l'ouvrage et le choix de ses équipements ont résulté de considérations liées à la gestion des corps flottants.

Pour l'évacuateur de crues, chaque vanne segment sera équipée d'un clapet possédant une hauteur suffisante pour assurer le transit des corps flottants lors des crues. La forme des piles de l'évacuateur a été également projetée de manière à favoriser le passage des troncs d'arbres.

Enfin, et cela malgré le fait que le barrage ait été progressivement muni d'une instrumentation de surveillance toujours plus complète, le projet de réhabilitation permettra d'optimiser le dispositif d'auscultation.

4. Aspects environnementaux

La zone du lac de Pérolles constitue une réserve naturelle protégée. Cet aspect particulier a contraint les concepteurs à développer un projet d'intervention respectueux de l'environnement et du site et parfaitement adapté aux exigences actuelles. Des mesures particulières vis-à-vis des nuisances liées au déroulement du chantier font notamment partie



Fig. 3. Vue aérienne de l'aménagement de l'Oelberg-Maigrage à Fribourg.

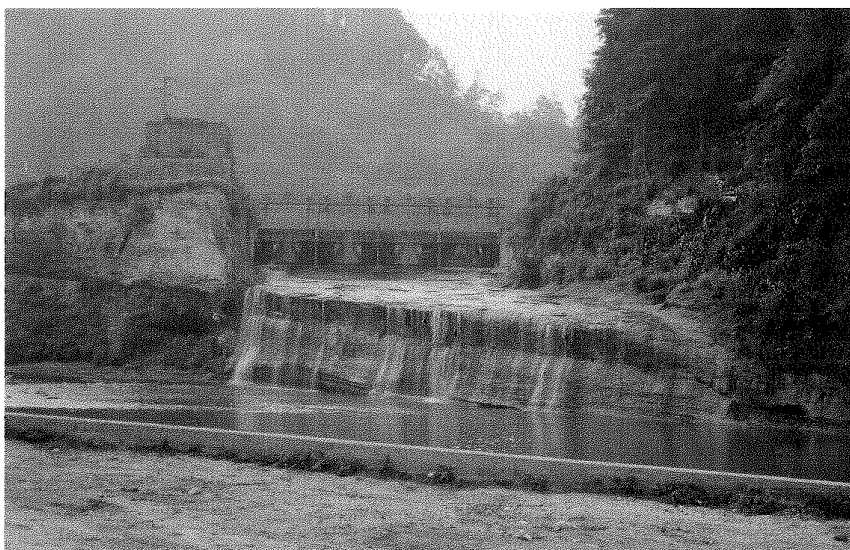


Fig. 4. Vue aval de l'évacuateur de crues actuel du barrage de la Maigrage.

des cahiers des charges des entreprises et fournisseurs. Un bureau spécialisé a été mandaté pour le suivi écologique pendant toute la phase de réalisation. Les travaux sont programmés de manière à ne pas devoir vider la retenue, évitant ainsi une mise en péril des roselières. Seules quelques opérations indispensables nécessiteront un abaissement temporaire du plan d'eau, non dommageable pour la réserve naturelle.

Une répartition des crues exceptionnelles entre rive gauche et rive droite permet de maintenir le nouvel évacuateur de crues dans le chenal existant sur rive gauche. Le coursier aval et les parois latérales de cet ouvrage ne seront pas bétonnés. Le lit de la Sarine ne sera pas modifié et la fosse naturelle existant au pied du coursier sera conservée dans son état actuel. Une revitalisation partielle de la rive droite est même prévue.

L'ancienne usine sera maintenue dans l'état avec un remplacement de sa charpente et une réfection de ses façades.

Un dispositif assurant la libre migration des poissons viendra finalement compléter l'aménagement. Le barrage de la Maigrage sera équipé d'un ascenseur à poissons installé dans l'ancienne usine.

5. Descriptif des travaux de réhabilitation

5.1 Renouvellement de l'évacuateur de crues

5.1.1 Caractéristiques de l'ouvrage actuel

L'évacuateur de crues actuel situé sur rive gauche se compose d'une structure principale en béton armé ancrée et constituée de quatre passes déversantes de 7,25 m de lar-

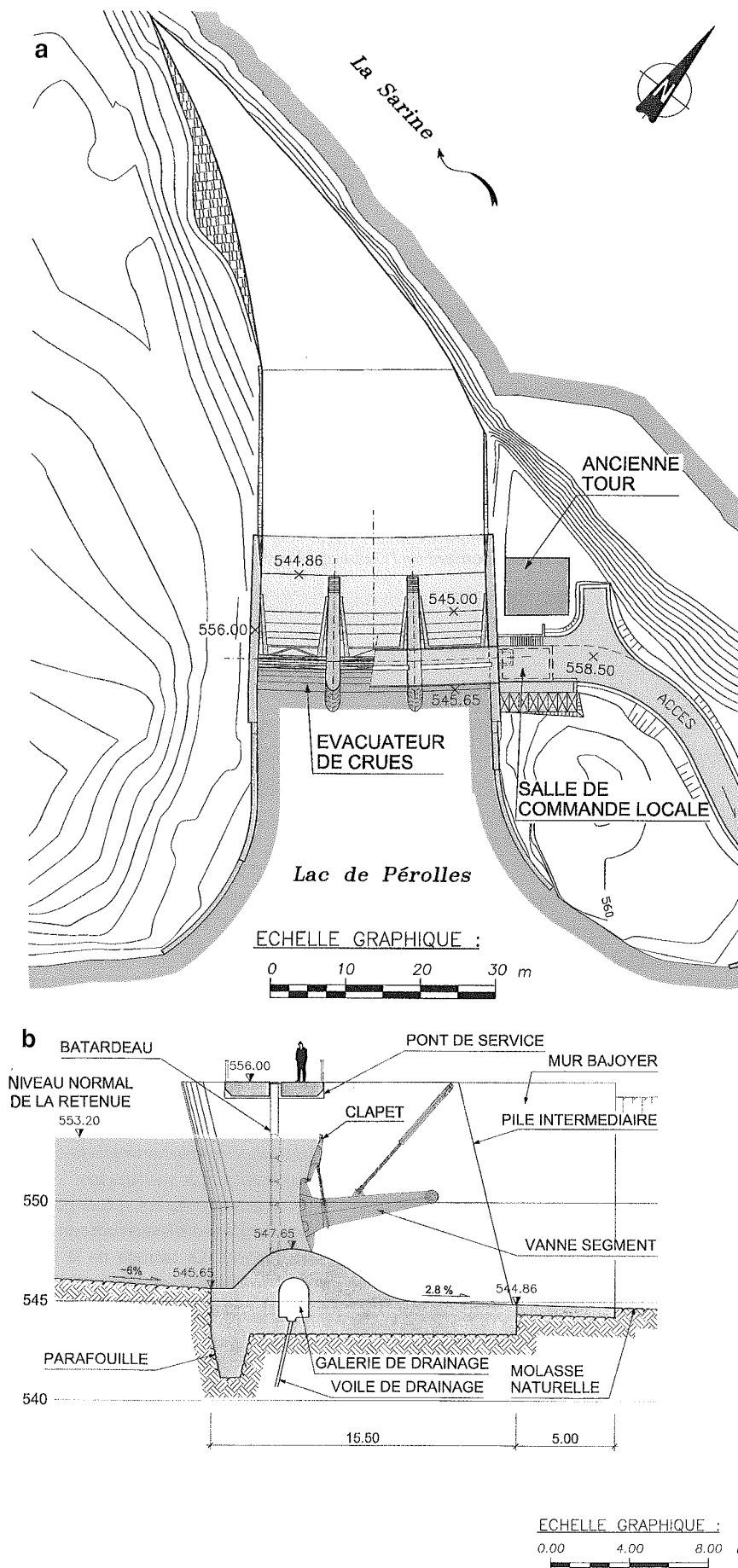


Fig. 5. Evacuateur de crues du barrage de la Maigrauge après les travaux de réhabilitation – a) situation, b) coupe.

geur équipées de vannes de type segment d'une hauteur de 4,55 m. Les vannes sont manoeuvrées électriquement par un treuil et ne peuvent être batardées. Une passerelle métallique de service, dont la largeur est de 1,50 m, est posée sur une structure métallique triangulée.

Le seuil déversant est prolongé à l'aval sur une longueur de 65 m par un coursier excavé dans la molasse, tel qu'illustré à la figure 4. La restitution du canal surplombe le lit de la Sarine d'une hauteur d'environ 10 m. Le coursier n'étant pas revêtu, l'érosion peut atteindre, par endroits, 2 m de profondeur.

L'équipement hydromécanique, outre son état général vétuste, est fortement corrodé. Quant aux ouvrages en béton, ils sont affaiblis autant par le vieillissement des structures que par la détérioration des conditions de stabilité imputable à l'érosion de la molasse. Associés à la capacité de décharge insuffisante, les phénomènes de vieillissement des structures ne permettent pas le maintien de l'évacuateur existant; ce dernier sera donc remplacé par une nouvelle structure.

5.1.2 Conception du nouvel évacuateur de crues

Suite à l'étude de variantes de l'avant-projet, le concept retenu préconise la réalisation d'un nouvel ouvrage sur la base de trois principes fondamentaux. Le premier principe consiste à conserver l'emplacement en rive gauche de l'ouvrage existant pour la construction du nouvel évacuateur. L'axe actuel du coursier est donc maintenu, ce qui par ailleurs limite les terrassements pour le nouvel ouvrage.

Le second principe retenu associe la capacité d'évacuation de l'ouvrage de sécurité situé en rive droite (environ 250 m³/s) à celle du futur évacuateur. Enfin, une surélévation du plan d'eau limitée à 1 m lors d'une crue exceptionnelle, ceci sans déversement par-dessus le barrage, constitue le troisième principe adopté. Ce dernier concept garantit la sécurité vis-à-vis des crues extrêmes tout en minimisant les coûts de réalisation, les atteintes à l'environnement et la protection des zones bâties en queue de retenue.

Afin de satisfaire aux exigences de l'évacuation des crues et de la stabilité de l'ouvrage, le nouvel évacuateur en rive gauche, illustré à la figure 5, est implanté légèrement à l'aval de l'ouvrage existant dans l'axe du coursier actuel. Il est fondé entièrement sur la molasse.

L'ouvrage principal se compose de trois passes vannées de 9 m de largeur avec un seuil fixe situé à la cote 547,65 m s.m., soit 1,05 m plus bas que le seuil actuel. L'ouvrage

d'entonnement est légèrement incurvé afin de réduire la largeur du coursier à l'aval, ce qui conduit à des piles d'épaisseur variant de 2 m à 1,45 m.

Pour obtenir une sécurité suffisante au glissement, le radier est prolongé verticalement à l'amont par un parafoille de 2,2 m de profondeur. Vu la section disponible dans le seuil de l'évacuateur, une galerie de visite de 1,5 x 2 m permettra d'améliorer ultérieurement les conditions de stabilité par la réalisation d'un voile de drainage visant à limiter les sous-pressions dans la fondation.

Le coursier aval, d'une largeur de 30 m, présente une pente longitudinale de 3%. Taillés dans la molasse, le radier et les talus ne sont protégés de l'érosion par aucun revêtement.

La construction d'un ouvrage particulier de déflexion ou de dissipation d'énergie n'a pas été jugée nécessaire pour restituer les eaux à la Sarine.

Les vannes de type segment, d'une hauteur totale de 5,91 m et d'une longueur de 9,0 m, sont munies chacune d'un clapet d'une largeur de 7,4 m pour une hauteur de 2,2 m. Le point d'appui de la vanne sur le seuil est reporté 1 m en aval de la crête du seuil de manière à garantir des conditions d'écoulement satisfaisantes lors des ouvertures partielles. Chaque vanne segment est actionnée par deux vérins hydrauliques prenant appui latéralement sur les piles. Quant aux clapets, un vérin central reposant sur la poutre maîtresse de la vanne segment permet de les manœuvrer indépendamment.

Lors de l'entretien ou d'une révision des vannes, chaque passe peut être successivement batardeée. Le batardeau coulissant est constitué de cinq éléments d'une hauteur de 1,2 m chacun; leur mise en place est assurée par une grue mobile à partir du pont qui surplombe l'évacuateur.

Les caractéristiques hydrauliques des différents ouvrages ont été vérifiées au Laboratoire de Constructions Hydrauliques de l'EPFL (LCH) au moyen d'essais sur modèle réduit. Le modèle, illustré à la figure 6, a également permis de simuler le comportement de la retenue pour différents débits, notamment ceux correspondant à l'événement millénal et à la crue de sécurité et, partant, de s'assurer de la stabilité du lit de la Sarine et de la roselière au droit du site. Ce dernier résultat est notamment important en raison de la valeur écologique de la retenue.

La régulation du plan d'eau en conditions normales est accomplie par un automate de commande qui, sur la base de la lecture du niveau de la retenue, actionne les clapets de manière à maintenir le plan d'eau au niveau maximal d'exploitation.

Le passage des crues est assuré par l'évacuateur en rive gauche et dans les cas extrêmes par la vanne de sécurité en rive droite. L'ensemble des équipements hydro-mécaniques peut être commandé soit à partir de la salle de commande locale située à proximité de l'ouvrage, soit à partir de la salle de commande principale localisée dans l'ancienne usine. Enfin, les segments et les clapets peuvent être commandés individuellement ou manœuvrés en parallèle.

5.2 Confortement du barrage

Les archives du barrage ne font que peu état des choix techniques et des procédures liées à sa réalisation. Les informations disponibles proviennent pour l'essentiel de l'analyse et de l'interprétation des résultats des deux campagnes de reconnaissance effectuées pendant les années 1984–1985 puis 1994–1995 dans le cadre d'une étude qui visait à définir les caractéristiques essentielles du barrage et d'en évaluer la sécurité. Le barrage décrit en plan un segment d'arc de cercle sur la rive droite qui se raccorde à la rive gauche par l'intermédiaire d'un tronçon rectiligne. La configuration du site et en particulier celle des appuis semble avoir dicté le choix de cette géométrie. En coupe en travers, le barrage présente une section trapézoïdale d'une largeur de 26 m à la base de la console la plus haute. Les bétons du barrage sont de qualité médiocre; ils sont notamment caractérisés par une porosité élevée et un module d'élasticité relativement faible. Cette qualité médiocre est imputable aux procédés de fabrication et de mise en œuvre des bétons qui prévalaient au moment de la construction du barrage. Le massif de fondation est constitué de molasse gréseuse de bonne qualité.

L'analyse et l'interprétation des mesures d'auscultation disponibles depuis le début des années 80, c'est-à-dire peu après la soumission en 1977 du barrage de la Maigrage à la haute surveillance de la Confédération, permettent de conclure à un comportement entièrement satisfaisant. Cependant, la vérification des conditions de stabilité du barrage existant selon les critères actuels a révélé une déficience de la sécurité structurale. Il s'agit notamment du développement de contraintes de traction relativement importantes dans le béton sur le parement amont du barrage, et en particulier en son pied, pour les configurations exceptionnelles d'exploitation, telles que la crue de sécurité et le séisme. Cette vérification, effectuée à l'aide d'un modèle numérique, a également permis de mettre en évidence l'influence déterminante des effets thermiques sur le comportement statique du barrage de la Maigrage.

Fort de ces conclusions, il s'est avéré nécessaire de projeter des travaux confortatifs pour améliorer les conditions de stabilité de l'ouvrage. Pour l'élaboration du projet de confortement deux variantes ont été esquissées puis comparées entre elles sur la base de critères techniques, économiques et d'impact sur l'environnement. La première variante prévoyait la réalisation d'un épaulement aval au moyen d'un remblai alors que la seconde préconisait la mise en œuvre d'ancrages précontraints. Cette dernière variante a été retenue pour les avantages qu'elle offre, notamment le maintien de l'aspect actuel du barrage et le contrôle permanent des forces stabilisantes appliquées à l'ouvrage.

Sur la base d'une analyse structurale, une précontrainte de 800 kN par mètre linéaire de couronnement s'avère suffisante



Fig. 6. Modèle hydraulique de l'aménagement de l'Oelberg-Maigrage réalisé au Laboratoire de Constructions Hydrauliques de l'EPFL (échelle géométrique 1:50).

pour garantir des conditions de stabilité satisfaisantes de l'ouvrage. Du point de vue constructif, les forces stabilisantes sont introduites dans le corps du barrage par 53 tirants d'ancrage permanents de type non adhérent ancrés en profondeur dans le massif de fondation, comme l'illustre la figure 7, et exerçant une force de 1600 kN. La distance entre deux ancrages est égale à 2 m – à l'exception des deux rives. Une distribution satisfaisante des forces stabilisantes dans le corps de l'ouvrage est obtenue au moyen d'un nouveau couronnement en béton armé qui assure le rôle de poutre de répartition. Ce couronnement, élargi à 4,5 m pour permettre l'accès des véhicules à l'évacuateur de crues, sera réalisé en deux étapes distinctes pour permettre l'évacuation des crues par-dessus le couronnement du barrage pendant les travaux. Les conditions de mise en œuvre des ti-

rants d'ancrage seront vérifiées à l'aide de 4 tirants d'essai exécutés au pied aval du barrage.

Enfin, il est prévu d'équiper 6 tirants de cellules de pression permanentes de manière à permettre l'enregistrement puis l'interprétation de l'évolution des forces de blocage. En cas de nécessité, chaque tirant pourra être retendu.

5.3 Renouveau des prises d'eau

L'aménagement actuel comporte deux prises d'eau situées en rive droite à proximité de l'ancienne usine. La prise de droite a été réalisée en 1908 alors que celle de gauche date de 1941. Le décalage dans le temps de leur construction explique l'implantation particulière du second ouvrage et en particulier son orientation hydrauliquement défavorable par

rapport à la direction principale de l'écoulement, comme l'illustre la figure 8.

Le nettoyage de la grille de droite est actuellement assuré par un dégrilleur mécanique à commande manuelle tandis que l'ouvrage de gauche est muni d'un dégrilleur entièrement automatique. À relever que les deux prises sont protégées des corps flottants par une grille grossière installée légèrement en amont pour ce qui concerne la prise de droite, et par des caissons plongeants pour la seconde. Ces protections sont justifiées par le transport important de corps flottants lors des crues de la Sarine.

La prise de gauche, d'une longueur totale de 26 m, est fondée pour une grande partie sur le mur de fermeture du barrage. L'ouvrage de droite, d'une longueur totale de l'ordre de 30 m, repose pour sa part essentiellement sur des terrains meubles constitués d'éboulis et de remblais. Les quelques plans d'exécution retrouvés dans les archives du barrage révèlent l'existence de pieux en bois mis en œuvre pour conférer aux fondations une capacité portante suffisante. La présence de ces pieux a été confirmée par les inspections subaquatiques de l'ouvrage.

Seule l'une des trois vannes planes sert encore à la régulation de la retenue. Elle est manœuvrée aussi lors des mises hors service des groupes hydrauliques à la centrale de l'Oelberg.

Le manque d'efficacité des dégrilleurs, imputable à une conception aujourd'hui dépassée, associé à la vétusté de l'ensemble des installations rendent l'exploitation des prises difficile, en particulier lors des crues. Cet état de fait est aggravé par l'absence d'un grappin nécessaire aux travaux d'évacuation des troncs d'arbres et autres objets encombrants accumulés dans la retenue à proximité des ouvrages de prise. Au surplus, les inspections visuelles et subaquatiques de la prise de droite ont mis en évidence des fissures, parfois importantes, dans les ouvrages, fissures dont le développement pourrait à long terme affecter les conditions d'exploitation de l'aménagement.

Fort de ces conclusions, le Maître de l'ouvrage a jugé opportun d'inclure l'assainissement des prises d'eau dans les travaux de réhabilitation. Le projet entend améliorer le fonctionnement des prises et en faciliter l'exploitation. La solution retenue comporte l'abandon des deux prises actuelles au profit d'un ouvrage unique qui alimente les deux galeries d'amenée. Ce choix résulte de considérations hydrauliques et de la possibilité de n'avoir qu'un seul dégrilleur mobile pour le nettoyage de toute la grille.

Le nouvel ouvrage, équipé d'une grille fine d'une longueur totale de 32 m et

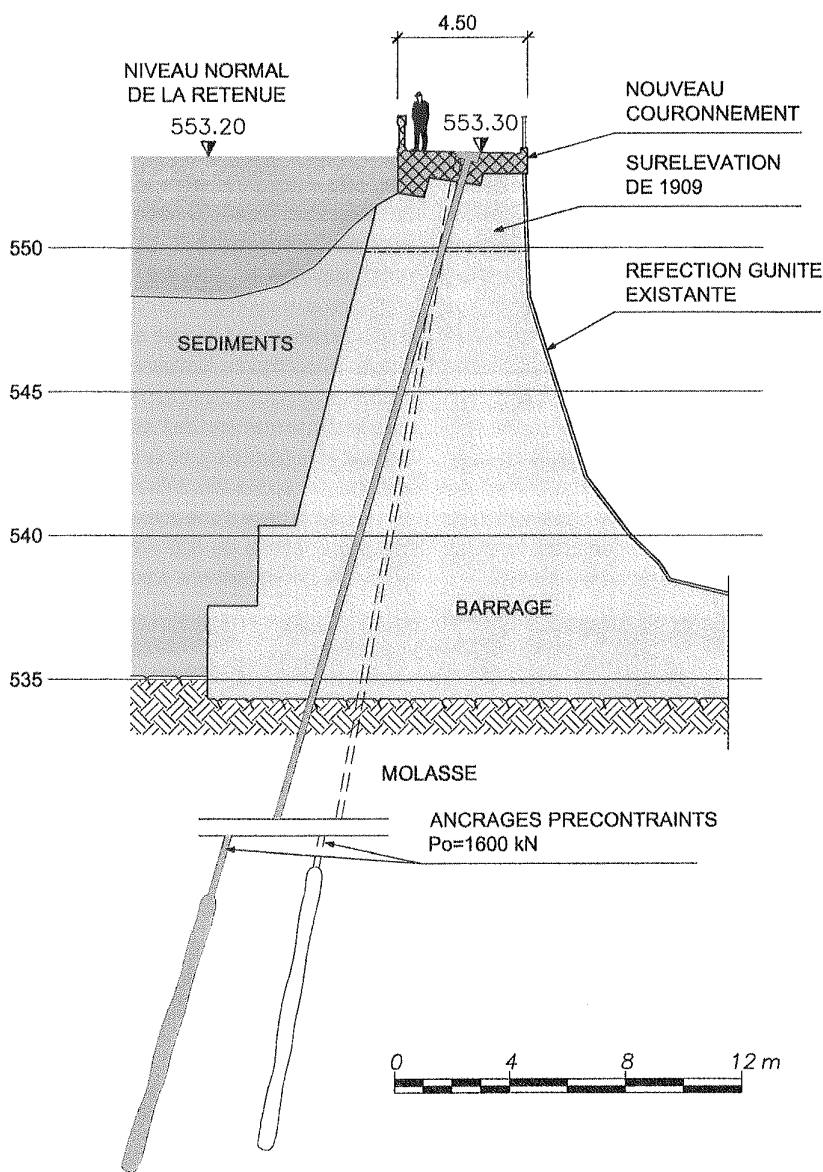


Fig. 7. Section type du barrage de la Maigrauge et confortement au moyen d'ancrages précontraints.

d'une hauteur de 3,65 m, est situé au droit de la prise droite existante. Il est prolongé en direction de la galerie d'amenée gauche, comme l'illustre la figure 9, de manière à assurer des conditions d'entonnement satisfaisantes. La prise de gauche actuelle sera démolie pour permettre la réalisation de l'accès au nouveau couronnement du barrage et celle de la prise de dotation.

L'efficacité hydraulique de la nouvelle prise d'eau a été vérifiée sur modèle réduit hydraulique de l'aménagement. Ces essais ont permis notamment de s'assurer de la répartition satisfaisante des vitesses de l'écoulement à l'approche de la grille. Certains détails constructifs, tels que la géométrie des entonnements, ont été également optimisés à l'aide de ce modèle.

La nouvelle prise sera équipée d'une vanne de sécurité qui remplacera les trois organes actuels. Cette vanne présente les mêmes caractéristiques géométriques que celles qui seront installées sur l'évacuateur de crues en rive gauche. Bien que du point de vue hydraulique son orientation par rapport au courant principal dans la retenue ne soit pas des plus favorables, elle permet néanmoins d'exploiter au mieux les ouvrages existants.

En aval, le canal de chasse fera l'objet de travaux de réfection et le mur bajoyer droit sera quelque peu surélevé dans la partie courbe afin de contenir les eaux à l'intérieur de l'ouvrage lors de l'ouverture complète de l'organe de sécurité. A relever que cet organe, qui assurera le maintien de l'efficacité de la prise en conditions normales d'exploitation, sera également utilisé pendant toute la durée des travaux sur la rive gauche pour évacuer les eaux en cas de crue.

Enfin, pour assurer des conditions d'exploitation et de fonctionnement satisfaisantes, la grille fine sera équipée d'un dégrilleur mobile muni d'un grappin de manière à permettre le nettoyage efficace de la grille et l'évacuation convenable des troncs d'arbres et autres débris ne pouvant être relevés par le dégrilleur.

5.4 Assainissement de l'ancienne usine

Le bâtiment attenant au barrage date de la construction du barrage. Il abritait à son origine les groupes de pompage et de production d'énergie mécanique nécessaires au développement industriel de la ville de Fribourg. Transformé en 1895 pour permettre la production d'énergie hydroélectrique, le bâtiment a été finalement converti en dépôt après la construction de l'usine de l'Oelberg en 1908. La façade Nord-Est du bâtiment a fait l'objet de modifications en 1941 dans le cadre

des travaux de construction de la seconde prise d'eau. Symbole de l'essor industriel de la ville de Fribourg à la fin du 19^e siècle, ce bâtiment abrite actuellement le groupe de dotation, qui restitue à la Sarine un débit constant de 4 m³/s. Il loge aussi certains équipements électriques. Le projet de réhabilitation de l'aménagement intègre de fait les travaux pour la reconstruction de la toiture de l'ancienne usine, dont l'état de vétusté est jugé critique, et ceux pour l'assainissement des façades. Dans la configuration future de l'aménagement, le bâtiment abritera la nouvelle salle de commande principale du barrage, le groupe de secours pour l'alimentation électrique des équipements hydroméca-

niques et de commande ainsi que le dispositif de franchissement du barrage par les poissons migrateurs de la Sarine. L'ascenseur à poissons, situé à l'intérieur de l'ancienne usine, assurera la montaison des poissons. Dans ce dispositif, le poisson est attiré puis piégé dans une cuve au pied du barrage pour être élevé au niveau du couronnement. La dévalaison des poissons se fera quant à elle en rive droite à proximité de la prise d'eau.

5.5 Mise à jour du dispositif d'auscultation du barrage

Outre les mesures géodésiques, l'auscultation actuelle du barrage comprend pour l'essentiel la mesure des déformations à l'aide de

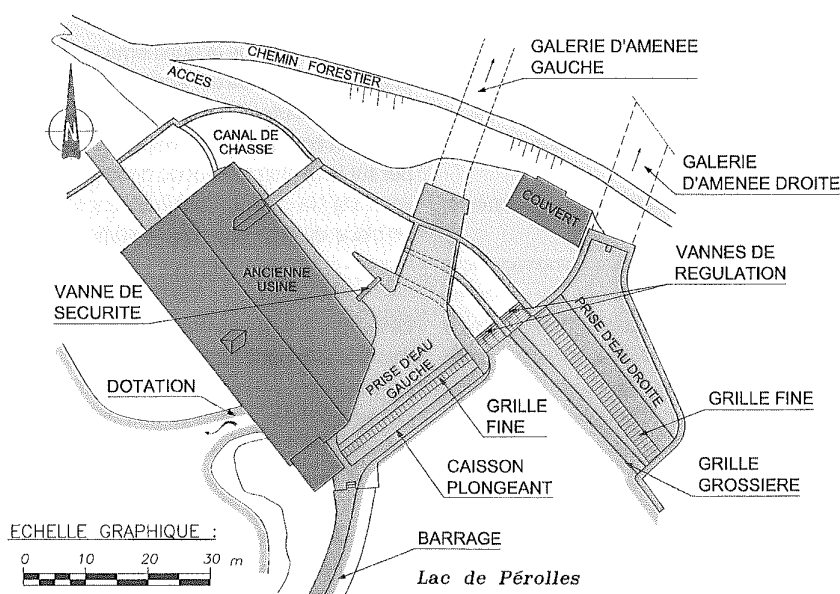


Fig. 8. Situation des prises d'eau existantes de l'aménagement de l'Oelberg Maigrage.

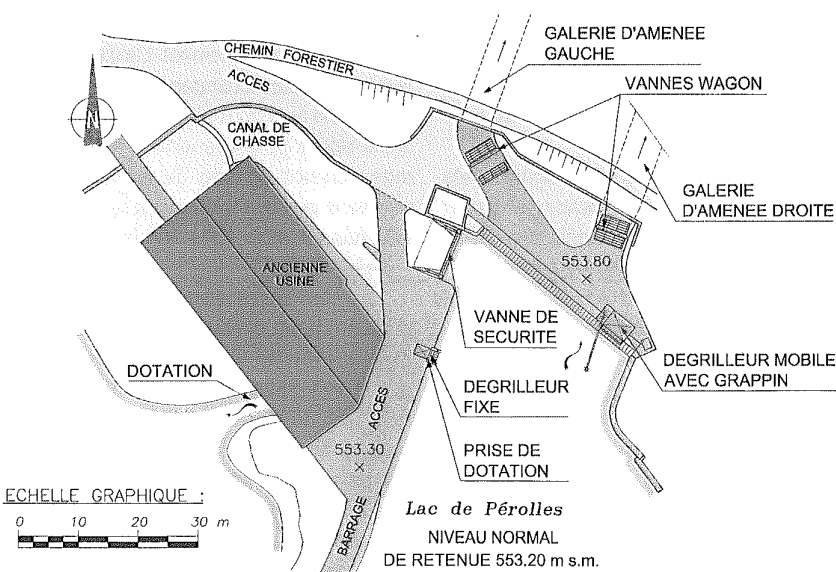


Fig. 9. Situation de la prise d'eau réhabilitée de l'aménagement de l'Oelberg Maigrage.

4 micromètres coulissants répartis le long du couronnement ainsi que celle des sous-pressions au contact béton-rocher par le biais de 7 cellules piézométriques. Le niveau de la nappe dans la zone des prises d'eau est relevé quant à lui dans 7 piézomètres. Enfin, la mesure de la température du béton à l'aide de 6 thermomètres électriques s'effectue en vue d'une meilleure interprétation des déformations de l'ouvrage.

Dans la configuration réhabilitée, ce dispositif sera adapté pour garantir sa parfaite adéquation avec les objectifs de surveillance. Les cellules de pressions ainsi que les thermomètres seront remplacés par de nouveaux instruments permettant la mesure automatique des paramètres principaux et la télétransmission immédiate des résultats. Le dispositif d'auscultation sera également complété à l'aide d'un pendule inversé, de type «Hydro-Québec», installé dans la partie courbe du barrage avec un point fixe qui se situe à environ 30 m de profondeur.

6. Organisation et déroulement des travaux

Les travaux de réhabilitation du barrage de la Maigrauge sont conditionnés par plusieurs contraintes liées à la situation particulière du site. Pour satisfaire à l'ensemble des conditions, les travaux sont planifiés selon différentes phases bien distinctes pour lesquelles il y a lieu de prévoir la construction d'ouvrages provisoires de dérivation. Ceux-ci doivent garantir la protection des ouvrages permanents pour une crue de chantier fixée à 450 m³/s.

La première phase des travaux, d'une durée d'environ 11 mois, comprend, outre les travaux de mise en service des installations de chantier et de réalisation des pistes d'accès, la démolition du couronnement du barrage suivie de sa reconstruction avec une mise sous tension des ancrages, la réfection du parement aval au moyen d'un béton projeté, ainsi que la réhabilitation de la prise d'eau.

Les travaux en rive droite sont réalisés à l'abri d'un batardeau provisoire; ce dernier est constitué d'une paroi de palplanches érigée à l'amont de la prise d'eau droite existante. Durant cette phase, les débits de crues sont dérivés par l'évacuateur de crues actuel alors que la prise d'eau existante gauche est maintenue en service.

La deuxième phase des travaux, d'une durée égale à 7 mois, permet le démantèlement de la prise d'eau gauche et la mise en service de la vanne de sécurité. Ces travaux sont exécutés sous la protection d'un second batardeau provisoire, également constitué d'une paroi de palplanches fichée devant la prise gauche actuelle. Pendant

cette phase, l'évacuateur de crues existant garantit l'évacuation des crues. La demi-prise d'eau réhabilitée alimente la galerie d'amenée droite de façon à permettre une certaine production d'énergie.

La troisième phase des travaux, d'une durée s'élevant à 14 mois, inclut la construction du nouvel évacuateur de crues ainsi que le montage de ses vannes. L'ensemble des travaux est réalisé à l'abri d'un imposant batardeau provisoire de 6,50 m de haut et de 45 m de long installé à l'entrée du chenal de l'évacuateur. Les débits de crues sont évacués par la vanne de sécurité en rive droite et, si nécessaire, par le couronnement du barrage. La prise d'eau est entièrement opérationnelle garantissant une production en électricité normale durant cette phase des travaux.

Au cours de la quatrième et dernière phase dont la durée est égale à 3 mois, il est prévu d'exécuter l'ensemble des travaux de finition et en particulier la réalisation du parapet sur le couronnement du barrage. Les travaux à la Maigrauge s'achèveront par la mise en place du dispositif d'auscultation du barrage.

Ainsi, la durée totale des travaux nécessaires à la réhabilitation de l'aménagement de l'Oelberg-Maigrauge s'élèvera à environ 32 mois, y compris le montage et la mise en service des équipements hydromécaniques. Les travaux, qui ont débutés en été 2000, s'achèveront au printemps 2003.

7. Conclusions

Les travaux projetés à la Maigrauge ont pour but d'améliorer les conditions de sécurité du plus vieux barrage en béton d'Europe.

Les solutions techniques choisies permettent de garantir la sécurité des ouvrages et leur fonctionnement normal dans le respect de l'environnement. L'exploitation de la retenue reste inchangée et le caractère actuel du site sera conservé. En outre, les décisions prises pour l'assainissement du barrage tiennent compte de la nécessité de maintenir pendant les travaux la retenue autant que possible dans sa plage habituelle d'exploitation.

Les nouveaux ouvrages d'évacuation des crues sont dimensionnés selon des critères actuels. En rive gauche, l'abaissement du radier de l'évacuateur existant et l'optimisation des formes hydrauliques du nouveau seuil permettent de doubler la capacité de décharge actuelle. En rive droite, l'installation d'un nouvel organe mobile facilite la gestion des prises d'eau et complète la capacité de décharge du barrage.

Les progrès techniques réalisés ces dernières années dans le domaine des tirants

précontraints et en particulier la bonne maîtrise des problèmes de corrosion rendent ce procédé opérationnel et parfaitement adapté au confortement du barrage de la Maigrauge.

L'assainissement des prises d'eau et la modernisation des équipements hydromécaniques visent à améliorer les conditions d'exploitation de l'aménagement.

L'installation d'un ascenseur à poissons dans l'ancienne usine et la mise en œuvre d'un ouvrage de dévalaison en rive droite rendent le barrage franchissable par la faune piscicole.

Enfin, la mise à jour du système d'auscultation du barrage et de ses ouvrages annexes s'inscrit dans le cadre de l'amélioration de la surveillance et, partant, de la sécurité de l'aménagement.

Bibliographie

- [1] R. Bischof; B. Hagin; W. Hauenstein; R. Lafitte; L. Mouvet: «205 dams in Switzerland for the welfare of the population»; International Commission on Large Dams, 20th International Congress, Beijing, September 2000, Q. 77-R-64, p. 1000.
- [2] J.-B. Demont: «Réhabilitation du barrage de la Maigrauge»; Réhabilitation des barrages du canton de Fribourg, Département de génie civil, Ecole d'ingénieurs de Fribourg, 20 mai 1997.
- [3] L. Mouvet; D. Hersberger; D. Golliard: «Refurbishment of the Maigrauge powerplant: contribution of scale model testing to hydraulic design»; Modelling, Testing and Monitoring for Hydro Powerplant III, Aix-en-Provence, France, October 1998.
- [4] G. Ritter: «Observations et particularités techniques, géologiques et hydrologiques relatives à l'établissement du grand barrage de la Sarine à Fribourg»; Bulletin de la société neuchâteloise des sciences naturelles, année 1901-1902, vol. 30, p. 374-403.
- [5] N. J. Schnitter: «A history of dams - the useful pyramids»; A. A. Balkema, Rotterdam, 1994, p. 174 and 210.
- [6] A. Weber: «Usine de l'Oelberg», Fribourg, 1914.

Adresses des auteurs

Daniel Golliard, Entreprises Electriques Fribourgeoises, Division Production d'Energie, CH-1636 Broc.

Philippe Lazaro, Lombardi SA, Ingénieurs-Conseils, via R. Simen 19, CH-6648 Minusio.

Jean-Bernard Demont, C. von der Weid & Associés SA, Ingénieurs-Conseils, avenue du Moléson 11, CH-1701 Fribourg.

Bertrand Favez, Perss Ingénieurs-Conseils SA, route du Levant 8, CH-1709 Fribourg.

Ascenseur à poissons

Un barrage au service des poissons

Comportement des poissons et impact des interventions humaines

Les exigences du poisson en matière d'espace vital varient sensiblement au cours des phases de son développement. Ainsi les alevins ont besoin de zones d'eau à faible courant qui leur permettent de s'abriter des prédateurs. Par contre, les jeunes poissons en pleine croissance supportent un courant plus fort et se tiennent dans des zones plus profondes où ils trouveront une nourriture abondante. Enfin, les poissons adultes cherchent, par exemple lors du frai, un lit de gravier adéquat dans des zones avec du courant.

Comme aucun tronçon de cours d'eau n'offre un biotope aussi diversifié, les poissons sont contraints d'entreprendre des migrations plus ou moins longues durant leur vie pour trouver l'espace vital qui leur convient.

Par ses interventions, l'homme a mis en place des obstacles qui empêchent toute migration des poissons dans de nombreux cours d'eau. Il en résulte la régression, voire la disparition, de certaines espèces, par exemple le saumon, présent abondamment dans la Sarine au 19e siècle.



Les bancs de galets sont indispensables à la reproduction des poissons, comme ici la truite.



Comment fonctionne l'ascenseur à poissons?

L'ascenseur à poissons fonctionne de la manière suivante: lorsque les poissons remontent le courant (montaison), ils sont attirés dans une succession de bassins jusqu'à une nasse qui est ensuite soulevée et qui relâche les poissons de l'autre côté.

Dans le sens inverse, la dévalaison fonctionne par une succession de canaux et de bassins contournant le bâtiment.

Ainsi la migration des espèces est assurée dans les deux sens. Les poissons géniteurs peuvent par exemple remonter du lac de Schiffenen ainsi que de la Sarine dans le lac de Pérolles pour chercher plus en amont des emplacements appropriés au frai dans la Petite Sarine, la Gérine ou la Glâne.

En outre, un système vidéo permet de recenser tous les poissons qui sont de passage. Une fois par heure, l'ascenseur emporte les poissons de l'autre côté du barrage, une quinzaine de mètres plus haut.

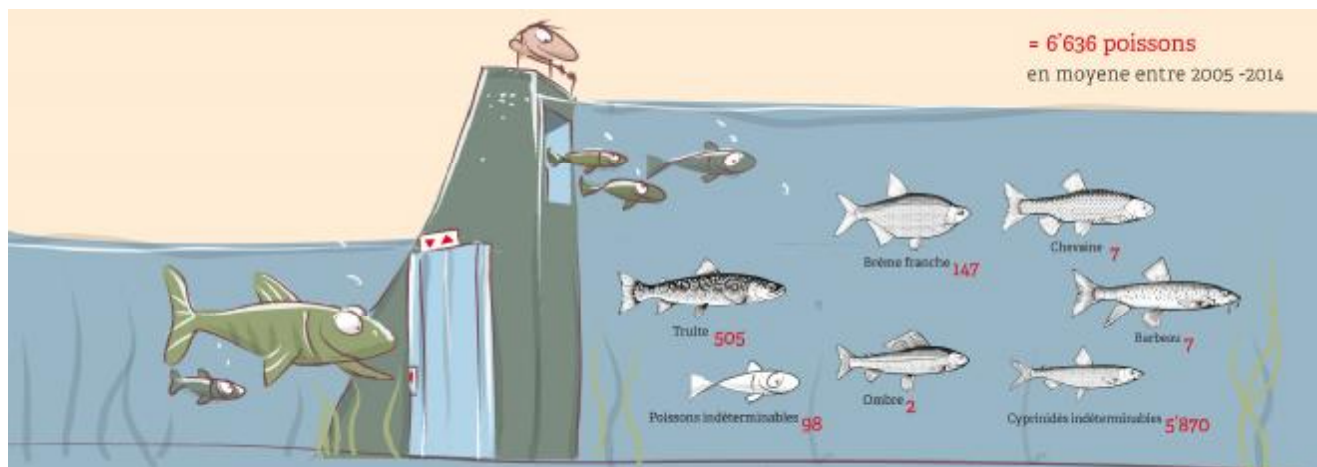
Quels poissons franchissent le barrage?

On dénombre essentiellement des truites, des nases, des ombres, des barbeaux ou des vandoises.

Occasionnellement, des perches, des brochets ou des sandres franchissent également le barrage.

A titre d'exemple, du 15 juillet 2005 au 14 juillet 2006, 4'398 poissons ont emprunté l'ascenseur. Dans un tiers des cas l'espèce a pu être identifiée et le poisson mesuré. La turbidité de l'eau ou le trop grand nombre de poissons dans la nasse ont empêché une meilleure détermination.

Des hypothèses concernant la présence de certaines espèces ont été émises. Il semblerait que la montaison des truites dans la Sarine soit favorisée par les crues alors que celle des cyprinidés (poissons blancs) par la température. Des observations à long terme seront cependant nécessaires pour valider ces hypothèses.



Industrialisation du Plateau de Pérolles

La création d'un lac pour dynamiser la ville de Fribourg

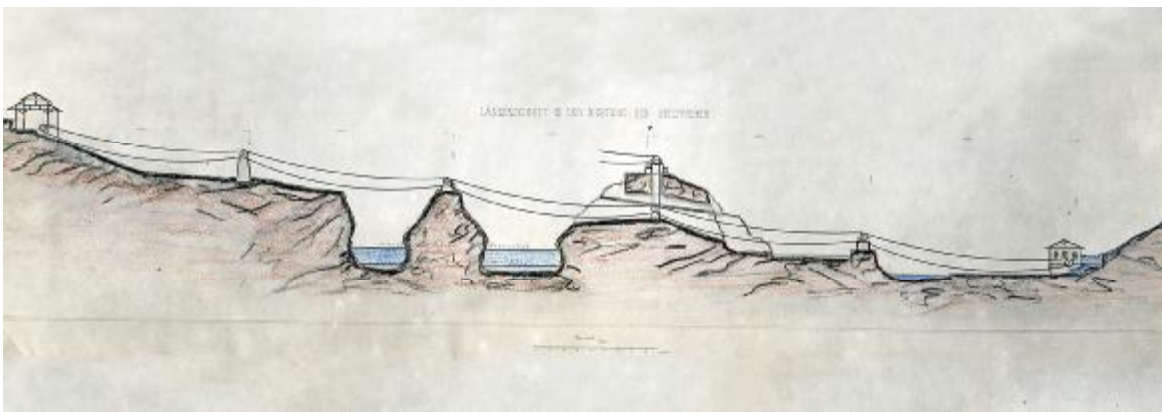
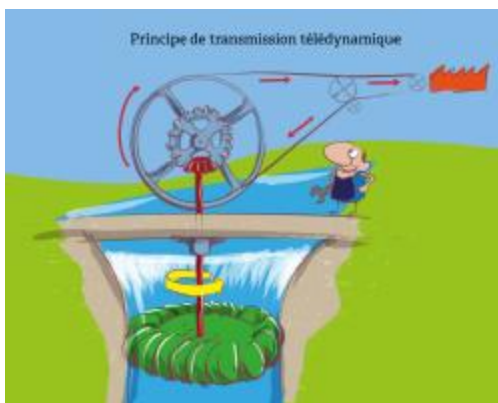
Dès le 18ème siècle, l'artisanat mettait à profit les eaux jaillissantes de la gorge du Gottéron. Toutefois, les entreprises demeuraient dépendantes de la proximité d'un cours d'eau.

Très vite, l'idée de l'utilisation à grande échelle de la force motrice de la Sarine fit l'objet de divers projets, du plus élémentaire au plus farfelu.

En 1869, Guillaume Ritter allait révolutionner les conceptions émises jusque là. Il proposa de créer une chute artificielle par la construction d'un barrage sur la Sarine haut de 10 mètres en amont du couvent de la Maigrauge.

La majeure partie de l'énergie ainsi obtenue devait être utilisée pour pomper l'eau de la Sarine, filtrée par un procédé naturel, jusqu'au réservoir du Guintzet.

La hauteur de la chute, 150 mètres, entre la colline du Guintzet et la partie basse de la ville, devait permettre de distribuer l'eau potable dans les maisons, d'alimenter les fontaines et les hydrantes et d'assurer le nettoyage des rues, projet fort intéressant pour le développement de la ville de Fribourg.





Plateau de Pérolles, début du XXe siècle

L'industrialisation décentralisée grâce à la force motrice à distance

Une fois le projet de distribution d'eau conçu, il fallait penser à faire tourner les moteurs dans les industries et les ateliers.

Le système proposé était celui de la distribution d'énergie par câble, appelé «transmission téléodynamique». La force hydraulique devait être à même d'entraîner un câble mécanique agissant comme une courroie de transmission, porté par des piliers. Une fois le projet adopté, on démarra avec la phase de réalisation du réseau de transmission téléodynamique, permettant l'établissement de quartiers industriels sur le Plateau de Pérolles.

Industrialisation du Plateau de Pérolles et début de l'ère moderne

Le 21 mai 1870, la Société générale des Eaux et Forêts est fondée à Fribourg à l'initiative de l'ingénieur Guillaume Ritter. Grâce au fameux câble téléodynamique qui transporte la force motrice sur le Plateau de Pérolles, de nouvelles entreprises s'y développent avec succès. Toutefois, en raison de circonstances économiques défavorables, la société est mise en faillite. Elle sera rachetée en 1888 par l'Etat de Fribourg. C'est l'origine des Entreprises Electriques Fribourgeoises (EEF), devenues Groupe E en 2006.

En 1890, l'usine de la Maigrauge est électrifiée. C'est le début de l'industrialisation moderne. De nouvelles entreprises s'établissent aux endroits les plus favorables, profitant du confort de l'électricité et de sa distribution bien plus simple qu'avec le procédé de la force motrice. Le destin de la vallée du Gottéron est ainsi scellé. Les derniers moulins s'arrêtent définitivement après la seconde guerre mondiale et depuis, la nature y a repris ses droits.



Guillaume Ritter

Guillaume Ritter a profondément marqué Fribourg. Le barrage de la Maigrauge, le lac de Pérolles et la zone qui abrite la HEIA-FR et l'Université en sont les témoins les plus visibles.



Construction du Barrage de la Maigrauge, aménagement du chantier, entre 1870 et 1872

Depuis les années 1850, le canton de Fribourg et en particulier sa capitale cherchent par tous les moyens à favoriser la création de nouvelles industries pour donner du travail à la population et rattraper leur retard économique. En 1869, pour combler le déficit récurrent de ses comptes, la ville souhaite vendre une partie de ses forêts pour se renflouer. Elle est prête à les mettre aux enchères, lorsqu'un homme providentiel frappe à sa porte: Guillaume Ritter rachète les forêts de la ville.

Né à Neuchâtel en 1835, d'un père alsacien, Ritter est diplômé de l'École centrale des arts et manufactures à Paris. «Inventif et recourant à des techniques hardies, auteur d'une centaine de projets, Ritter réalisa notamment l'alimentation en eau de Neuchâtel (1865), l'amenée d'eau de la ville d'Avignon (1869) [...] ainsi que l'adduction d'eau de La Chaux-de-Fonds (1887) [...] Parmi les projets visionnaires qu'il ne put réaliser, celui de l'alimentation en eau potable de Paris depuis le lac de Neuchâtel est le plus fameux.»

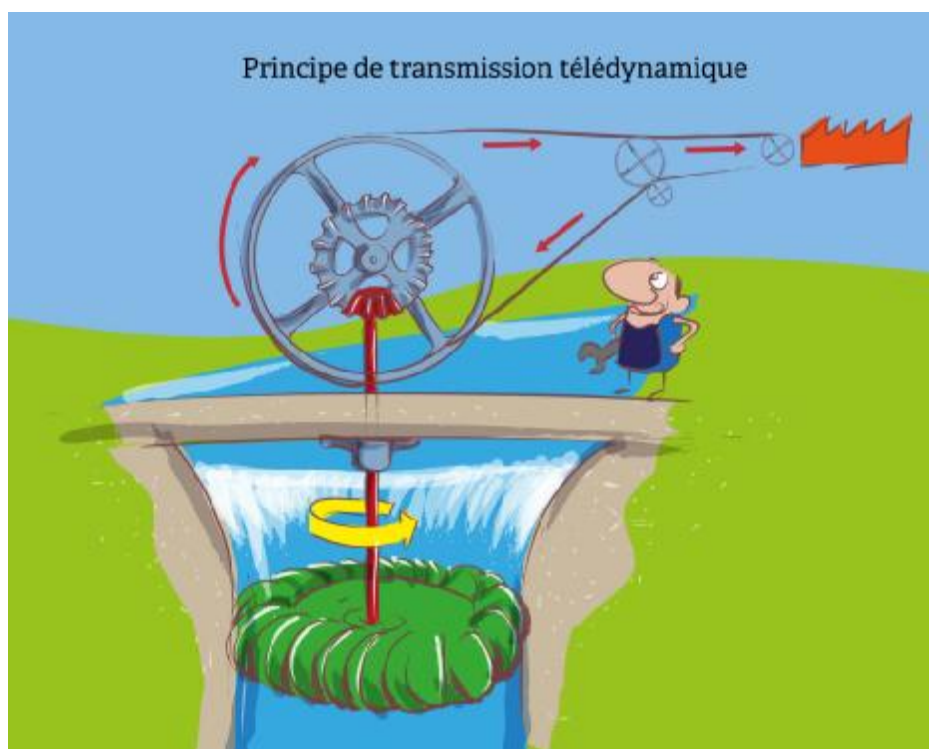


Barrage de la Maigrauge et lac de Pérolles, entre 1885 et 1890.

Lorsqu'il arrive à Fribourg, en 1869, il a des visions très ambitieuses – pharaoniques, pensent tout de suite certains. Ritter propose la construction d'un barrage à la Maigrauge. Avec la force de la chute d'eau, il pompera l'eau du lac jusqu'au Guintzet pour fournir la population de la ville, «au moment où seules quelques grandes villes du plateau ont réalisé leur adduction d'eau». Il projette également de fournir de l'énergie sur le plateau de Pérolles afin de favoriser l'installation d'industries. Il s'engage aussi à terminer les canalisations de la ville. Il a, dès le départ, une vision complète du développement industriel qu'il veut proposer et il a de grands rêves, qui situent bien le personnage. Il «songe même à utiliser la position centrale de Fribourg pour en faire un grand entrepôt de céréales et une place de minoterie, intermédiaire entre le commerce des grains de Marseille à celui du centre de l'Europe. Le lac attirera les étrangers en grand nombre: des chalets de vacances seront créés sur ses rives avec un petit chemin de fer autour du lac. Il faudra créer un casino pour les «50 000 touristes qui visitent annuellement Fribourg» et un chemin de fer régional jusqu'au sommet de la Berra».

Inutile d'entretenir le suspense: ses rêves les plus fous ne se réaliseront pas. Mais en mai 1870, la Société générale suisse des eaux et forêts est constituée devant notaire.

On ne parle alors pas encore de fourniture électrique. «Le système proposé est celui de la distribution de l'énergie par câbles dite transmission téléodynamique. Une usine hydraulique comprendrait des turbines susceptibles d'entraîner un câble mécanique porté par des piliers – véritables tours dont on peut voir encore les vestiges. Ce câble, par un système compliqué de transmission doit assurer aux diverses industries une force motrice qu'elles peuvent utiliser pour mettre en mouvement pompes, moteurs et installations mécaniques diverses.»



Aujourd'hui, le Sentier de l'eau, autour du lac de Pérolles, permet de suivre les traces des projets de Ritter. L'un des panneaux du sentier illustre très bien les technologies mises en oeuvre à l'époque.

Pour constituer la base financière de son projet, Guillaume Ritter envisage de créer une immense scierie afin d'exploiter les forêts qu'il a acquises et le bois flotté sur la Sarine jusqu'au lac de Pérolles. Avec le fromage, la paille tressée et le bétail, le bois, dont les ventes croissent en cette deuxième partie du XIX^e, entre autres grâce au chemin de fer, est un pilier de l'économie fribourgeoise. On en vend beaucoup en France. Mais la guerre franco-allemande, dès 1870, met à mal les plans de Ritter. Il tentera alors la production de traverses pour les chemins de fer et de poteaux télégraphiques. Mais rien ne se produit comme il l'a planifié.



Scierie industrielle de Pérolles, entre 1885 et 1900.

Les travaux de constructions du barrage s'apparentent aussi à un combat, avec, par exemple, «une quinzaine de crues subites de la Sarine la première année des travaux». Le chantier dure une année et demie de plus que prévu. Le lac est formé fin février 1873, la première transmission de force sur le plateau de Pérolles se produit en mars 1874 et les Fribourgeois doivent attendre 1875 pour que l'eau parvienne chez eux, pour les premiers.

Les crises internationales et les retards de réalisation placent la Société et les entreprises qui lui sont liées dans un état de crise permanente dès le début des opérations. En juillet 1875, alors que Ritter a déjà été mis à l'écart par le Conseil d'administration, la faillite est prononcée.

Une commission de liquidation s'engage à terminer les travaux promis à la ville. La distribution de la force par câble est maintenue. Le réseau de distribution d'eau est complet en 1878 grâce à plus de 12 kilomètres de canalisations.



Plaque posée sur le centrale d'énergie de l'Université de Fribourg, site de Pérolles.

La liquidation de la Société des eaux et forêts provoque un bel imbroglio entre la ville et le canton. Ce dernier qui négocie en secret dans le dos des autorités de la capitale. «La manœuvre est claire: il s'agit pour le Conseil d'État d'empêcher à tout prix l'acquisition par la ville des installations industrielles du plateau de Pérolles.» En fin de compte, l'État devient propriétaire de la Société des eaux et forêts en septembre 1888 et décide, en 1889, de supprimer la transmission télodynamique pour la remplacer par l'électricité.

Passerelle de la Maigrauge



Détruite par la crue de la Sarine le 22 août 2005



Le Moteur Diesel de la Maigrauge (dans le bâtiment en-dessous du barrage)



Dans une usine aux allures de temple, un monstre marin reste à quai, témoin muet du savoir-faire inégalé d'une époque où les plus grands moteurs du monde étaient fabriqués à Winterthur. L'usine thermique de la Maigrauge a été construite en 1931 pour pallier une pénurie de courant en cas de crise.

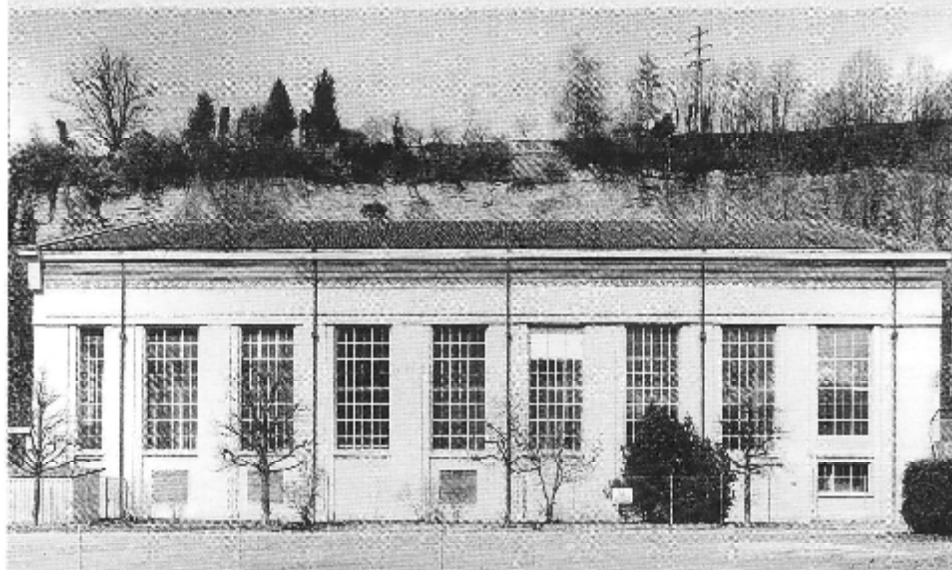
On y a placé un moteur diesel Sulzer de 8 m de haut pour 12 m de long, mis au point pour les navires – d'où son nom de moteur marin. Avec ses 8 cylindres en ligne de 70 cm d'alésage, il délivrait jusqu'à 10'800 CV. Mis en route en 1932, il a été mis hors service en 2000, après la fissure d'un piston. Sauvé in extremis de la casse en 2003, il est désormais considéré comme un bien culturel.

Entretemps, les Sœurs de la Maigrauge avaient imposé une étude d'impact, l'une des premières du genre dans le canton, obligeant les EEF à prendre des mesures pour limiter la pollution de ce qui fut le plus puissant moteur installé par Sulzer en Suisse.

Dans son écrin de béton, cette architecture industrielle abritant un moteur muet est le témoin d'une technologie désuète qui questionne notre rapport à la modernité et nous renvoie à notre actualité énergétique.

LE TEMPLE DU «MOTEUR MARIN»

Aloys Lauper



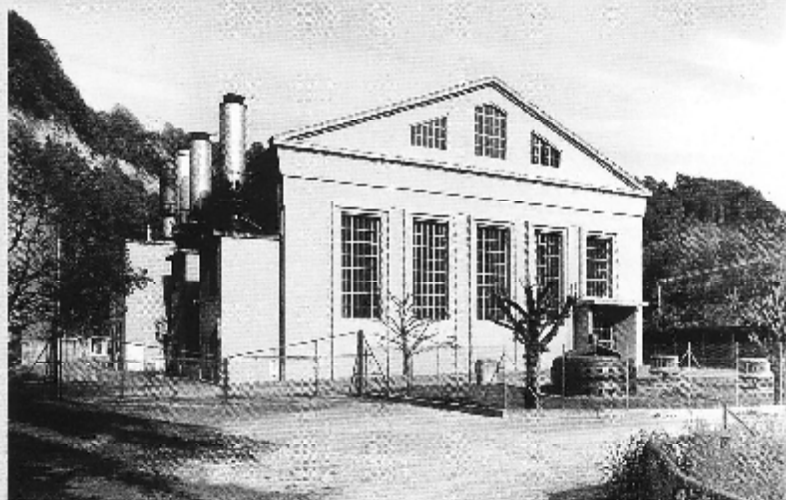
La façade sud de l'usine thermique, état actuel

Les centrales électriques, en état de miracle permanent, occupent une place à part dans l'architecture industrielle. D'un pays de neige et de rochers, les ingénieurs promettaient un pays de cocagne. L'installation et l'entretien des turbines nécessitaient des ponts roulants et des espaces aussi vastes qu'une nef de cathédrale. Y entrer, c'était accéder au lieu de célébration du génie helvétique où s'affirmait la foi en une nouvelle trinité: l'électricité, le progrès et la technologie. La modernité brutale de l'acier et du béton s'est vite camouflée dans une architecture familière et soignée, à l'expression rassurante. Les architectes ont mis en scène et légitimé l'audace sans retenue des électriciens. La situation de l'usine de l'Oelberg (1908-1910) avait imposé une silhouette s'accordant avec les anciens chantiers de la ville, le Petit et le Grand Werkhof. L'usine projetée entre le couvent de la Maigrauge et l'ancien barrage devait dialoguer avec un paysage de fond de vallée, dominé par les falaises de la Sarine. Associé de Frédéric Broillet (1861-1927) auquel il succède en 1927, Augustin Genoud (1885-1963) était viscéralement attaché au néoclassicisme français et au retour à l'ordre des années 1930¹⁵. Quand il reçoit le mandat de la nouvelle usine de la Maigrauge, il est surtout connu pour la nouvelle gare de Fribourg (1927-1928) et l'église catholique de Payerne (1928-1929). En 1931, Genoud et son collaborateur l'architecte Albert Cuony (1887-1973) construiront également l'école des Neiges à Fribourg (1931-1932) et l'église paroissiale de Wünnewil (1931-1933). Contrairement à d'autres usines électriques de l'époque qui conservent encore des jeux de pierre, Genoud opte résolument pour le béton mais donne à son bâtiment l'al-

lure d'un temple avec ses pleins et ses vides suggérant colonnes et entrecolonnements, avec fronton, entablement en briques à trois fascies et frise à redents sous un toit à deux pans. L'idée du temple associé à l'industrie n'était pas nouvelle. En 1909 déjà, Peter Behrens l'avait magnifiquement traduite dans la fameuse Turbinenfabrik AEG à Berlin.

En collaboration avec Auguste Waeber, le bureau Genoud & Cuony conçoit un bâtiment de 32 m sur 30, à six axes, suffisant pour installer deux «moteurs marins» et des locaux annexes pour les organes auxiliaires des moteurs, la distribution et un atelier de réparation. La hauteur de l'édifice est déterminée par l'installation de ponts roulants de 30 et 5 tonnes. Il était prévu d'emblée de pouvoir agrandir le bâtiment afin d'accueillir quatre ou cinq moteurs

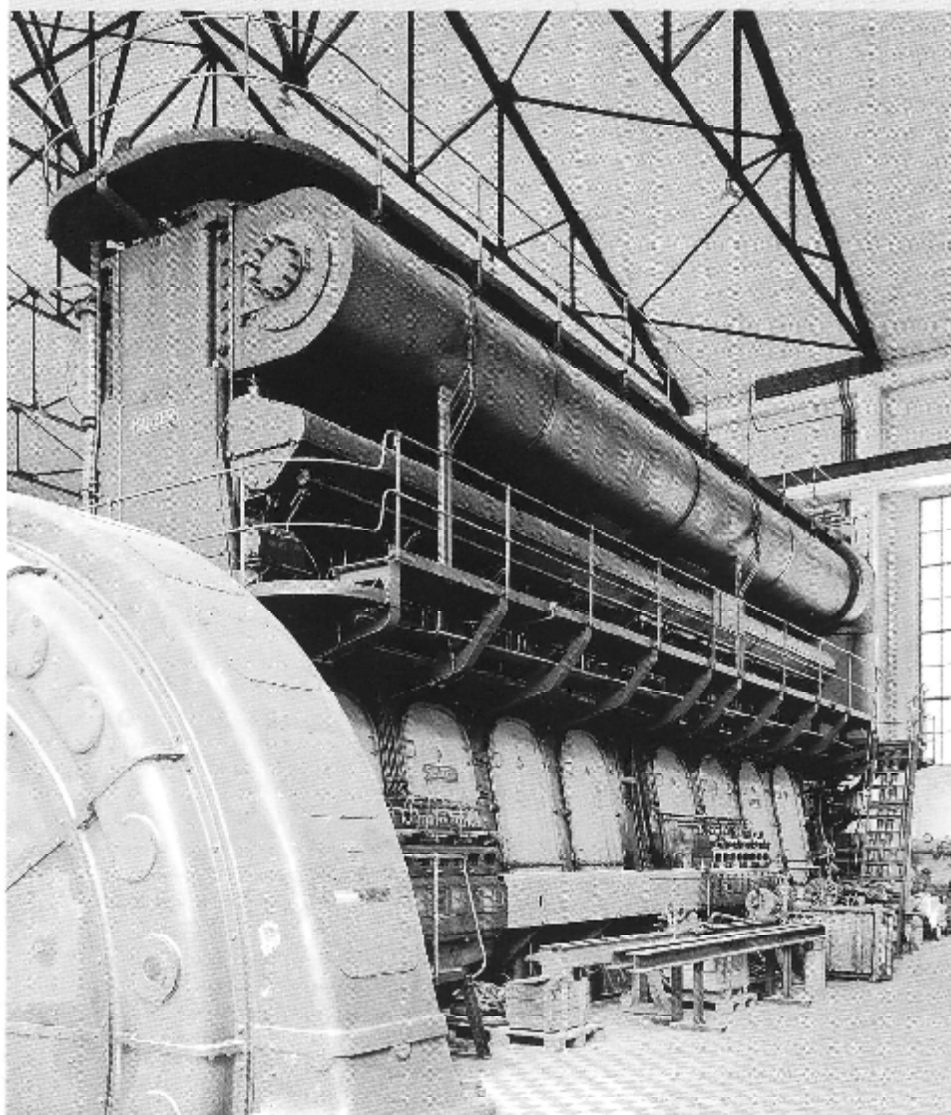
La façade occidentale, réalisée en 1960-1961, état actuel



15 «J'ai toujours défendu l'architecture française à laquelle je dois ma formation et qui est conforme à nos traditions romandes. J'ai été mis de côté au profit des propagateurs d'une certaine architecture, dite moderne, de provenance et d'inspiration allemande. Ma revanche viendra. Ce sera celle du bon sens et de la logique» (AEV, lettre d'Augustin Genoud à Monseigneur Besson, 17 octobre 1939). Après sa formation à Munich et surtout à l'Ecole des Beaux-Arts de Paris, il avait séjourné à Caracas où il avait enseigné à l'université et dressé les plans du palais présidentiel. Malheureux dans les concours des années 1930 où il se voit opposé à Fernand Dumas, il consacrera la fin de sa carrière, faute de commande, au dessin et à la peinture.

supplémentaires si besoin. Extérieurement, seule la cheminée d'échappement raccordée directement au moteur et les deux réservoirs d'huile légère de 600 m³, alimentés depuis le

train de Winterthur sont véhiculées en Basse-Ville par l'entreprise de transport Land-Guyer. Réalisé sur les plans d'Albert Cuony, l'agrandissement de 1960-1961 – deux axes et demi –



Le moteur «marinix», si ancien, état actuel

plateau de Pérolles par un pipe-line de 10 cm de diamètre¹⁶, permettaient d'identifier le bâtiment comme usine thermique. Construit en béton armé et couvert de «tuiles du pays» posées sur une charpente métallique légère, doté d'huissières en métal, il semblait émerger du paysage comme un temple antique. La construction et l'installation de chantier, documentées par un reportage photographique de Jean Mülhauser père, frappent par leur archaïsme, comparées au montage des moteurs. En 1930, on creuse à la pioche et à la pelle sur une profondeur de 5 mètres. Les charpentiers préparent les coffrages, les échafaudages et dressent les poteaux en bois qui porteront les dalles le temps de leur prise. Au printemps 1931, l'usine est prête à accueillir son premier moteur dont les pièces détachées venues en

est à peine lisible. La façade pignon, dynamitée le 11 juin 1938 a été reconstruite plus à l'ouest presque à l'identique¹⁷. Abritant un monument de la technologie industrielle suisse, le bâtiment témoigne à la fois des ambitions de l'architecture électrique et des tentatives d'inscrire dans le béton la grande tradition classique. Avec les ponts de Pérolles (1920-1922) et de Zähringen (1922-1924), l'église Saint-Pierre (dès 1928), la nouvelle gare (1927-1928), les Ateliers du Technicum (1930-1931), le pavillon de musique de la place Georges-Python (1931-1932) et l'école des Neiges (1931-1932), Fribourg s'est offert une nouvelle monumentalité brute de décoffrage, vite reléguée dans l'ombre du néoclassicisme structural de Denis Honegger et de son université de Miséricorde (1938-1942).

¹⁶ Le pipe-line franchissant la Sarine sur une passerelle détruite par la crue du 22 août 2005 qui a également mis à nu les conduites d'évacuation de l'eau de refroidissement des moteurs.

¹⁷ La porte a été modifiée et le décor en briques n'a pas été reconstitué.

Sources et bibliographie

Archives EEF, Fribourg

Auguste WAEBER, Réserve pour moteur Diesel Sulzer des Entreprises électriques fribourgeoises, in: Bulletin technique de la Suisse romande 3 (6 février 1932), 26-29, 4 (20 février 1932), 42-45, et 5 (5 mars 1932), 61

Auguste WAEBER, Die Diesel-Anlage La Mairraue der Entreprises électriques fribourgeoises, in: Schweizerische Bauzeitung 99 (20. Februar 1932), 1-8

Fritz HEERWAGEN, 100 Jahre Gebrüder Sulzer 1834-1934, Zürich 1934

Walter WYSSLING, Die Entwicklung der schweizerischen Elektrizitätswerke und ihrer Bestandteile in den letzten 50 Jahren, Zürich 1946, 304-305

André MARRO, L'usine thermique des Entreprises électriques fribourgeoises, in: Bulletin technique de la Suisse romande 15, 29 juillet 1961

Christoph ALIENSPACH, 100 Kilo Schwefel pro Stunde waren für Experten ungefährlich. UVP: So einfach war das 1950, in: Brennpunkt region 33 (September 1990), 10-11

Nicole ZIMMERMANN, Les EEF et le développement économique. Un siècle de collaboration, Fribourg 1990, 44-47

Crédit photographique

Yves Eigenmann
RBCI Didier Bussel

Plans

Bulletin technique de la Suisse romande 3 (1932), 27 et 29

Remerciements

Groupe Eet plus particulièrement:

Elisabeth Zünzer, responsable Corporate Communication

Daniel Steierpfeil, responsable de centrale à l'usine de Gollugg

Jean-Pierre Rumo, contremaître mécanicien

Stéphane Maillard, décorateur

PROMENADE DU BARRAGE 1

Usine thermique de la Maigrauge



Bâtiment construit en 1930-1931 sur les plans des architectes associés Augustin Genoud (1885-1953) et Albert Cuony (1887-1976), de Fribourg, agrandi en 1960-1961 sur les plans d'Albert Cuony

Données techniques

1 moteur Diesel Sulzer dit «moteur marin»

Type: 6 DLZ 70, deux temps, double effet
Puissance: 7950 kW soit 10800 CV
Nombre de cylindres: 6
Alésage des cylindres: 700 mm
Vitesse: 150 t/min
Alternateur: 10800 kVA, 6,4 kV
Mise en service: 1932
Mise hors service: 1996 (fissure d'un piston)

3 moteurs Diesel Sulzer

Type: 12 TAF 40, deux temps, simple effet
Puissance totale: 24750 kVA
Vitesse: 250 t/min
Alternateurs: 3 x 4650 kVA, 8,5 kV
Mise en service: 1938
Mise hors service: 0 novembre 2000
Démontage: 2003 et 2005

Stockage

Mazout léger: 5600 m³
Production maximale possible: 19 mio de kWh

Les moteurs Diesel installés dans des usines électriques en Suisse 1926-1933

1926 Usine électrique de la Matte à Berne, 1 moteur de 330 CV
1928 Usine thermique de Plainpalais à Genève, 2 moteurs de 3000 CV
1930 Usine de Châtelard-Vallorbe, 1 moteur de 300 CV
1930 Usine de Thoun, 1 moteur de 300 CV
1930 Usine de Wynau, 1 moteur de 4000 CV
1931 Usine de Pierre de Plan à Lausanne, 2 moteurs de 2500 CV
1931 Usine de la Maigrauge à Fribourg, 1 moteur de 10800 CV
1933 Usine de Kribel à Herisau, 3 moteurs de 7400 CV soit une puissance totale de 22200 CV

Adresse ancienne

Promenade du Barrage n° 329A

Propriétaires

1931 Entreprises Électriques Fribourgeoises (EEF)
1^{er} janvier 2006 Groupe E

FRIBOURG

TRANSPORTS & INDUSTRIE – USINES ÉLECTRIQUES – NEOCLASSICISME

A LA MAIGRAUGE, LES BIELLES DU SEIGNEUR

Alain Robiolio



Un vilebrequin hors d'échelle sur un char hors d'âge tiré par le fameux tracteur Pavese des artilleurs, avec au-dessus de cet improbable attelage, la silhouette immuable du Bourg d'où émerge la tour de la cathédrale. L'image, célèbre, a souvent servi à illustrer l'irruption de la modernité dans une ville accrochée à ses traditions. Le 16 mai 1931, la pièce centrale d'une prouesse technique encore inégalée en Suisse est posée dans la nouvelle usine thermique des Entreprises Electriques Fribour-

geoises, un bâtiment isolé en béton, aux allures de temple grec, posé à quelques encablures du couvent médiéval de la Maigrauge. Vu du Graf Zeppelin qui passa sur Fribourg le 3 juin 1931, rien d'anormal sans doute dans ce paysage idyllique, mais pour ceux qui l'ont vu et entendu, le premier moteur installé dans la grande nef de l'usine avait des allures de monstre. Aux pieds de ce monument de la technique helvétique, on pense aussitôt à la grande machine de Metropolis (1927) et à la démesure des paquebots d'entre-deux-guerres pour lesquels il fut conçu. Hors norme, il reste le témoin muet du savoir-faire inégalé d'une époque où les plus grands moteurs du monde étaient frappés du label suisse. Encore intact et maintenu en état de marche, il est surtout le rescapé d'une grande aventure technologique qui s'efface au fur et à mesure du désarmement et du découpage des grands navires du siècle passé.

Alimentée par des précipitations régulières et de nombreux affluents, la Sarine semble idéale pour l'industrie hydroélectrique. Des appareils de mesure installés dès 1906 ont pourtant confirmé ce qu'on savait depuis longtemps: entre l'extrême étiage et les plus grandes crues, le régime des eaux de cette rivière torrentielle pouvait varier d'un à cent lorsque des orages éclatent dans les Préalpes. Les gardiens des ponts et les habitants de Fribourg connaissaient bien le danger de ces brusques montées des eaux qui inondaient les quartiers de la Neuveville et de la Planche-Inférieure et fracassèrent en 1877 encore les deux bateaux de sauvetage et le bateau-lavoir de la ville.

On avait également constaté très tôt une périodicité climatique, avec une décennie généralement humide suivie d'une année sèche puis d'une année très sèche. Pour éviter toute rupture de production en période de basses eaux, il fallut construire des centrales thermiques d'appoint.

Bassins ou génératrices de secours?

Dès 1907, la Société des usines hydroélectriques de Montbovon disposait d'une usine à vapeur à Romont, où six chaudières alimentaient deux turbines à vapeur de 1650 kW chacune. En 1909, les frères Genoud avaient ajouté un moteur Diesel de 360 CV à leur usine de Châtel-Saint-Denis¹.

Le 17 novembre 1915, les Entreprises Electriques Fribourgeoises furent créées par fusion des entreprises des eaux et forêts – exploitant les usines de la Maigrauge et de l'Oelberg –, de Thusy-Hauterive et de Châtel-Saint-Denis. Ces quatre usines puis celle de Montbovon, absorbée au début 1917, étaient au maximum de leur capacité et dans les périodes de basses eaux, «il y avait pénurie et il fallait recourir à la réserve thermique de Romont et à des producteurs étrangers au canton»². La construction du bassin d'accumulation de Montsalvens



Convoi exceptionnel en Basse-Ville: le vilobrequin du moteur Sulzer en route vers la Maigrauge, le 16 octobre 1931 (Archives EEF)

en 1923, le projet de retenue de Rossens et la participation des EEF à la création de la Société anonyme de l'Energie de l'Ouest-Suisse (EOS) ne suffiront pas à amortir la croissance de la consommation d'énergie électrique et à éviter une pénurie de courant en cas de manque d'eau, de ruptures de lignes ou d'incendies de transformateurs par exemple.

Au vu des expériences faites avec les premières usines de Châtel-Saint-Denis et de Romont, désaffectées en 1923 et 1933, Auguste Waeber (1878-1932)¹ proposa le recours à des moteurs pour assurer un appoint d'énergie lors de pics de consommation ou pallier une déficience prolongée des usines hydrauliques. L'ingénieur en chef sut convaincre le directeur des EEF, Victor Ryncki, de la nécessité d'installer une usine thermique à proximité de la plus ancienne installation du groupe, celle de la Maigrauge. En juin 1930, une convention fut signée avec les Ateliers Sulzer à Winterthur

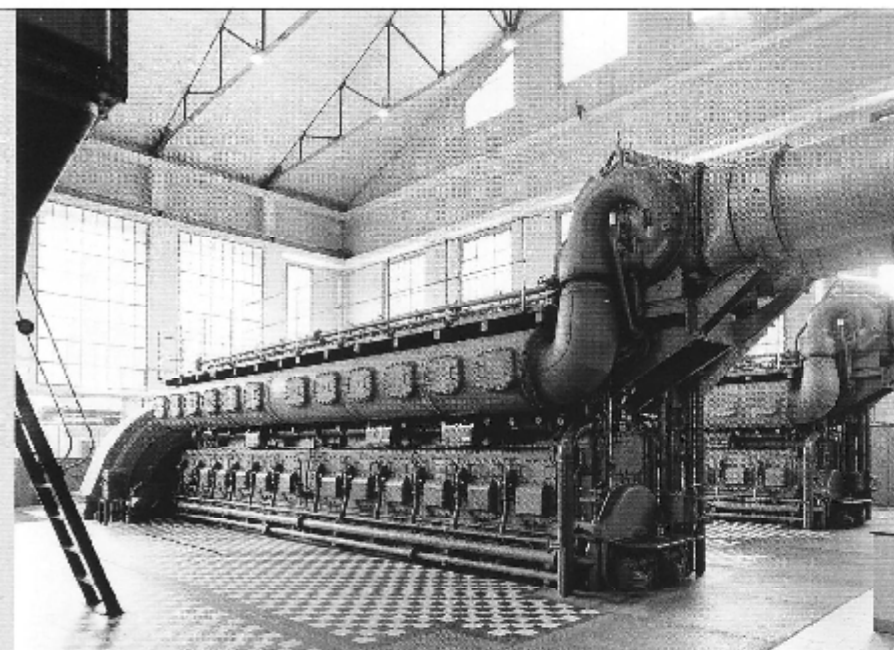
pour la fourniture d'un moteur Diesel servant une génératrice commandée à l'entreprise Brown Boveri de Baden². L'équipement électrique devait être livré par la maison Karl Maier à Schaffhouse, le matériel de la station extérieure par Sprecher & Schuh à Aarau, le transformateur à circulation d'huile par les Ateliers de construction d'Oerlikon, les EEF se chargeant de l'installation d'un pipe-line depuis le plateau de Pérolles.

Un monstre marin à quai

Sulzer s'était spécialisé dans la construction de moteurs Diesel pour les bateaux et proposait toute une gamme de moteurs d'une puissance de 1000 à plus de 10 000 CV. La firme avait livré dès 1921 les moteurs de la plus grande centrale thermique du monde, à Shanghai, une installation délivrant une puissance totale de 30 000 chevaux³. Le moteur de 8 cylindres commandé par les EEF était le plus gros modèle de moteur marin, adapté pour être raccordé à un générateur. Il fut de 8 m pour 12 m de long, il demeure le plus grand moteur que Sulzer ait livré en Suisse. Ce fut également le premier moteur dit à double effet⁴ et à deux temps jamais installé dans une centrale helvétique. Cette mécanique très sophistiquée fit l'admiration de l'ingénieur Waeber: «Grâce à son système, chaque cylindre de travail réalise deux fois les quatre périodes du cycle de Carnot⁵ en un seul tour de vilobrequin. Tour- nant à un régime normal de 150 tours/minute, le moteur développe une puissance de 10 800 chevaux dans ses huit cylindres de

Vue générale du site avant la construction de l'usine (ASBC, carte postale)





Deux des trois moteurs Sulzer installés en 1931 dans l'extension de l'usine primitive, état en 2000 avant leur vente et leur démontage

700 mm d'alésage et jusqu'à 12 500 chevaux pendant 30 minutes»⁴.

La mise en route d'une telle machine était délicate et requérait un savoir-faire certain. Le démarrage se faisait par admission d'air comprimé dans tous les cylindres. Un servo-moteur était actionné par un moteur à air comprimé ou à la main. Par un système fort complexe de commandes et d'un excentrique, les soupapes s'ouvraient et le moteur commençait à tourner sous la poussée de l'air comprimé. Une autre pompe à combustible entraînait immédiatement en fonction la partie supérieure du cylindre (1^{er} effet). Dès que le moteur avait atteint une vitesse suffisante, l'admission d'air cessait, pour être remplacée par le combustible liquide dans les soupapes (2^e effet). Dans un bruit d'enfer, le moteur pouvait alors monter en puissance, pourvu qu'on lui fournisse les 2 000 litres d'huile à l'heure dont il avait besoin!

A la mesure de ce monstre, l'accumulateur, d'un poids total de 125 tonnes, fournissait une puissance apparente de 10 800 kVA, soit 7 600

kW. Il débitait ainsi un courant triphasé d'une tension de 8 400 volts et 50 périodes/seconde⁵.

La mise en réseau

Livré par train en pièces détachées en automne 1931, le moteur fut aussitôt monté dans la halle de la Maigrauge. Le 16 octobre, le grand vilebrequin fut posé sur la plaque de fondation. En décembre, le montage était terminé et l'on procédait aux essais. La station extérieure, à proximité de l'usine, reçut un transformateur de 8 000/32 000/60 000 volts. Le courant produit était acheminé par une ligne de 5 km à Hauterive, point de rayonnement principal des installations des EEF. L'usine thermique, fierté de l'entreprise, fut inaugurée à la fin de l'année 1931. Habitué au gigantisme industriel, anesthésié de performances et dorloté par le tout électrique, nous avons peine à imaginer ce que représentait une telle machine à Fribourg. Au pied de la génératrice ou sur la passerelle supérieure, on prend cependant

1 BTSR 15 (29 juillet 1961).

2 ZIMMERMANN 36.

3 Après ses études au Collège Saint-Michel, il avait suivi une formation d'ingénieur-électricien à l'Ecole Polytechnique Fédérale de Zurich où il avait obtenu son diplôme en 1901. Il avait alors été engagé par l'Entreprise des Eaux et Forêts comme ingénieur à l'usine de Truse-Hauterive. Nommé chef d'exploitation en 1910, puis ingénieur en chef en 1917, il prit une part prépondérante à la coordination finale des usines de Montbovon, de l'Orberg et de Broc et à l'édification de l'usine thermique de la Maigrauge, qu'il conduisit jusqu'à sa réalisation finale. Lieutenant-colonel de génie, il commanda le bataillon de secours 9. Il succomba à un malaise cardiaque le 22 janvier 1932, quelques jours après l'inauguration de l'usine thermique de la Maigrauge et la rédaction d'un article sur le sujet, publié dans le Bulletin Technique de la Suisse Romande.

4 Du même type que celui qui fut posé à la même époque à l'usine de Laufenburg.

5 Le dernier moteur livré en 1933 avait une puissance de 12 000 CV. L'entreprise Sulzer a inventé le moteur Diesel deux temps en 1905. Elle avait construit l'année précédente le moteur équipant le cargo Venoge, lancé en 1905 sur le Léman et qui fut le premier bateau équipé d'un moteur Diesel au monde. Elle a notamment fourni les moteurs du SS Averag, lancé en 1904 par la Canadian-Australasian Line, et qui fut le premier grand paquebot transatlantique entraîné par ces moteurs Diesel. Elle a également participé à la réalisation de la première locomotive Diesel au monde en 1912. Le moteur Diesel le plus puissant au monde est actuellement le Wartsila-Sulzer RTA96 C, construit par ses ateliers Aichi au Japon, un 14 cylindres de 1820 litres de cylindrée, pesant 2 300 tonnes et développant 106 920 chevaux, soit dix fois la puissance du moteur fribourgeois.



Montage du 16 octobre 1931



Monteurs à décembre 1931

Départ de l'ancienne gare: le vilebrequin, 11 octobre 1931 (Archives EEF)



Finition du 1^{er} des huit pistons, le 6 novembre 1931 (Archives EEF)



Pause à l'entrée du port de la Maigrauge, roues caées, le 27 octobre 1931 (Archives EEF)





Montage du moteur marin, le 14 octobre 1931 (Archives EEF)



Pose du vilebrequin, le 16 octobre 1931 (Archives EEF)



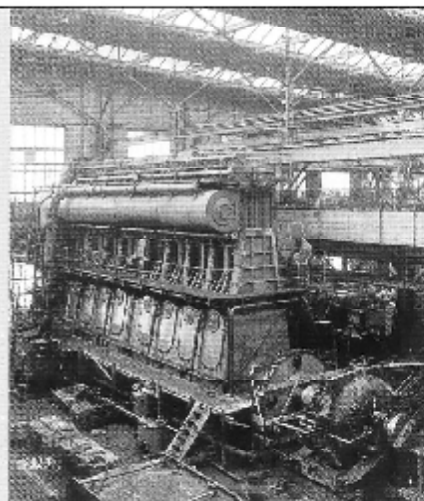
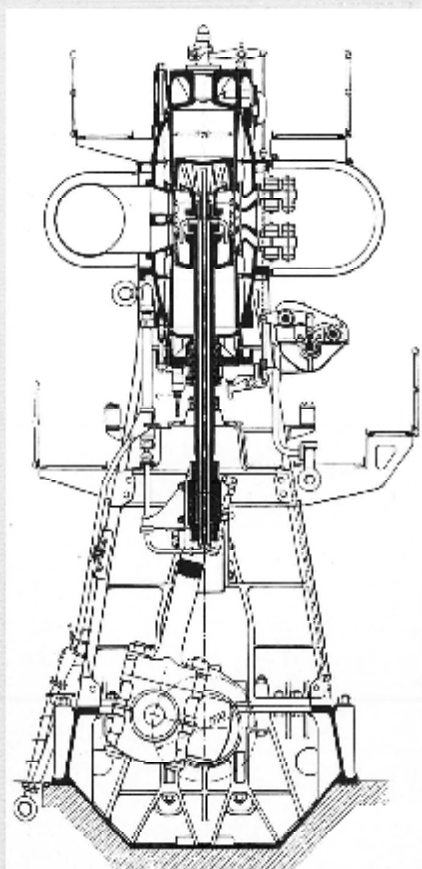
Montés à l'ouvrage, le 17 décembre 1931 (Archives EEF)



Phase finale du montage, le 17 décembre 1931 (Archives EEF)

conscience de la dimension de cette mécanique alliant le gigantisme des pistons à la délicatesse des circuits. La mise en branle des cylindres à l'air comprimé, toujours possible, offre un petit aperçu de la bête. A plein régime, son bruit et ses trépidations ébranlaient la ville entière comme un tonnerre continu. Hier rebelle, assourdissante et prête à éclater, la belle mécanique est aujourd'hui domptée, muette et

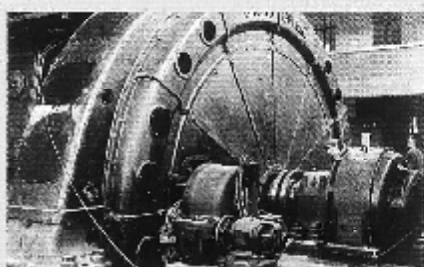
Coupe du moteur marin



L'autre à m, le moteur marin se dresse jusqu'aux fermes de l'usine (Archives EEF)

prisonnière de ses excès. Aux heures de pointe, il y a encore dix ans, le couvent de la Maigrange fut bel et bien aux portes de l'enfer. 1949 fut la première année d'exploitation régulière du réseau. Le barrage de Rossens – dont on parlait déjà en 1931 – était alors réalisé et l'usine de Rossens-Hauterive modifiée et agrandie. En dépit de ce développement, l'usine thermique gardait toute sa raison d'être en périodes de basses eaux. En outre, les EEF avaient encore pour mission d'assurer l'indépendance énergétique du canton. Comme la consommation ne cessait d'augmenter, les installations de secours durent être adaptées en conséquence⁶. En 1958-1961, on agrandit l'usine et l'on ajouta une nouvelle citerne à huile aux trois réservoirs existants⁷. Tandis que l'entreprise André Antigio prolongeait la halle d'une travée et demie, la maison Stephan assemblait la nouvelle cuve de 3 200 m³ et cernait les réservoirs d'une enceinte de confinement. On décida alors de conserver et de moderniser le premier moteur – le Diesel n° 1 – qui « malgré l'usure de certains éléments pouvait encore rendre de précieux services »⁸. Il fut complété par trois moteurs Sulzer, à douze cylindres à deux temps et simple effet⁹, plus modernes et plus performants, dotés d'un turbocompresseur, d'une puissance de 5 280 chevaux cha-

L'ajouteur Brown Boveri, le 17 décembre 1931 (Archives EEF)



6 Avec soupapes situées sur et sous les cylindres.

7 Seuls 18 cylindres isothermiques se produisent à température constante, 2^e détente adiabatique (en circuit fermé), 3^e compression isotherme et 4^e compression adiabatique : cycle thermodynamique découvert, décrit par Sadi Carnot (1796-1832).

8 BTSR 4 (20 février 1932), 28.

9 Il devait supporter un régime continu sans élévation de la température au-dessus de 70° au start, à raison de 50 tours/minute – soit la rotation du moteur – et jusqu'à 185 tours/minute par emballement (Archives EEF, Convention entre les EEF et la maison Brown, Boveri et Cie du 10 juin 1930).

10 BTSR 15 (29 jan. 1961), 3.

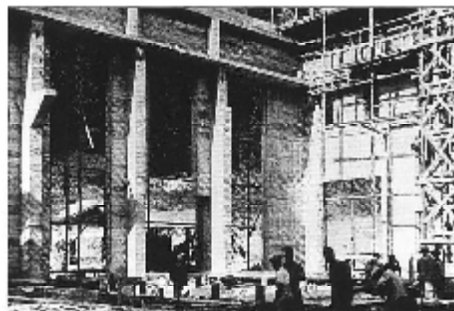
11 Deux réservoirs étaient venus s'ajouter au premier construit en 1931. Le sous-sol de l'usine sera également élargi pour permettre l'installation d'un système de ventilation servant à dissiper la chaleur du rayonnement des nouveaux moteurs.

12 BTSR 15 (29 juillet 1961), 3.

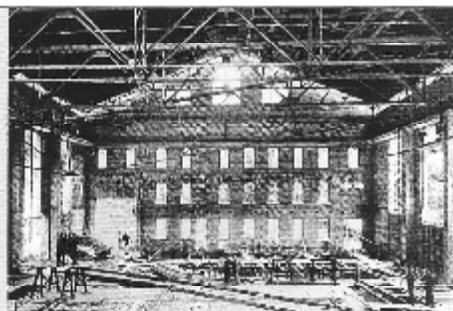
Ce moteur reçut une injection directe du combustible par de nouvelles pompes et fut doté d'un aggrégat de refroidissement des pistons par huile et des pistons par eau en circuit fermé.

13 A une seule rangée de soupapes disposées sur les cylindres.

14 Les ouvriers seront confrontés à la complexité des moteurs et au nombre de pièces à démonter ainsi qu'à la masse à déplacer : chaque pièce centrale pesant 65 tonnes.



La construction de l'usine, en hiver 1930
(Archives EEF)



Montage des fermes de la charpente métallique
(Archives EEF)

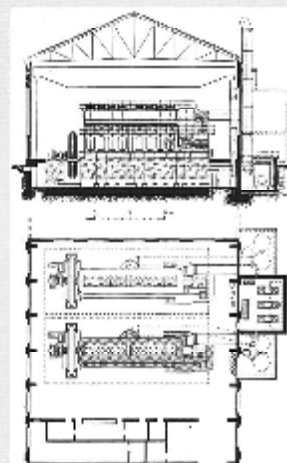
cun. Ces trois nouvelles unités de production furent couplées à des alternateurs fabriqués par les Ateliers de construction d'Oerlikon, d'une puissance de 4650 kVA, débitant 60 kV sur le réseau grâce à un transformateur BBC de 15 000 kVA. Confrontés à l'opposition des Sœurs de la Maigrange qui imposèrent à l'entreprise une étude d'impact – sans doute la première du genre dans le canton – les EEF devront prendre des mesures pour filtrer les gaz d'échappement et réduire le bruit des machines à l'extérieur.

Enfin trop cher et trop polluant

Les quatre moteurs de la Maigrange fonctionneront pendant une quarantaine d'années. Un entretien soigné et constant explique l'exceptionnelle longévité du «moteur marin», en service pendant soixante-huit ans. En effet, malgré ses dimensions énormes, la mécanique restait fragile, comme en témoignent les rapports techniques des EEF, conservés depuis 1953, qui font état de pertes d'eau, de fuites d'huile, de réparations du vase d'expansion ou des portes de cylindres. La machine a pourtant survécu à ses consœurs, avec ses énormes chambres de cylindres, ses tuyaux saillants, son accumulateur à demi enfoui sous la dalle, ses rampes d'escaliers et ses passerelles qui évoquent sa destination primitive, marine.

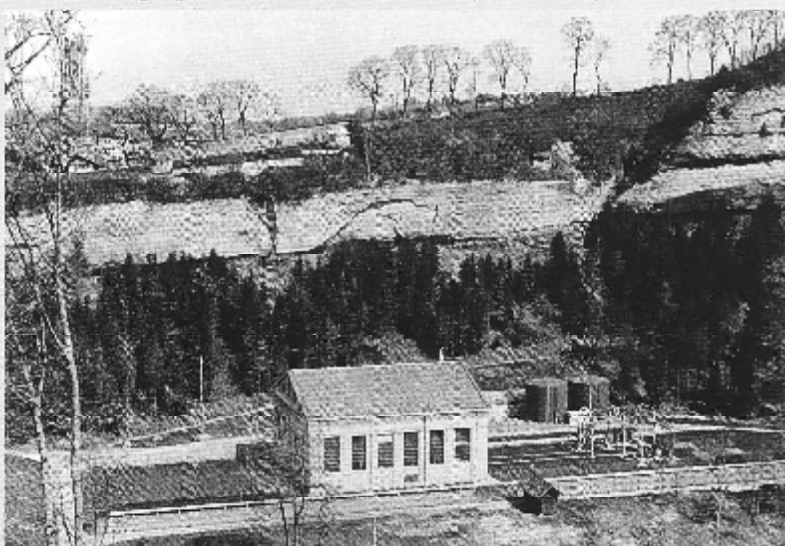
À partir de 1980, l'augmentation du coût des hydrocarbures grève les budgets des EEF qui disposent d'un outil adéquat mais dont la consommation de 5 000 litres de carburant à l'heure n'est plus vraiment rentable dans un réseau devenu européen. C'est l'ordonnance sur la protection de l'air de 1985 qui sonnera le glas des installations. Bien que la température de combustion élevée des moteurs réduise les effets polluants des gaz d'échappement et que les moteurs ne soient plus utilisés que durant quelques heures par mois, l'usine n'est plus conforme et le coût d'une installation anti-pollution augmenterait encore le prix de revient du courant. Les moteurs s'arrêtent défi-

nitivement au début de l'année 2000. Les citernes extérieures sont démantelées et les locaux de commande vidés. Les trois moteurs mis en service en 1961 sont vendus à une entreprise pakistanaise et leur démontage commence en 2003. Les manœuvres chargés du travail sont vite dépassés par l'ampleur de la tâche et s'en vont en laissant les pièces sur place⁴. En 2005, les travaux de démantèlement reprennent, pour une nouvelle destination finale, l'Indonésie, où ces moteurs d'une qualité proverbiale devraient retrouver une seconde vie. Le moteur de 1931 domine toujours de sa masse noire l'usine désaffectée. La complication de son démontage et la vétusté de sa conception l'ont sauvé. On aimerait croire que la conservation de cette pièce maîtresse de la technologie helvétique témoigne plutôt d'un attachement au symbole d'une grandeur que l'on cultive encore, aux souvenirs qui lui sont liés et à l'amour de la belle mécanique. Une entreprise sans histoire n'a pas d'avenir. Le «moteur marin» vaut à lui seul toutes les machines du génial Tinguely, une raison suffisante pour le conserver avec soin, dans son sanctuaire de béton, à la mémoire de Sulzer aussi, cette glorieuse entreprise démantelée par de cupides financiers.



Plan et coupe de l'usine thermique

L'usine de la Maigrange, état initial avec sa façade ouest, dynamitée le 11 juin 1950 (Archives EEF)



Grottes de Pérolles

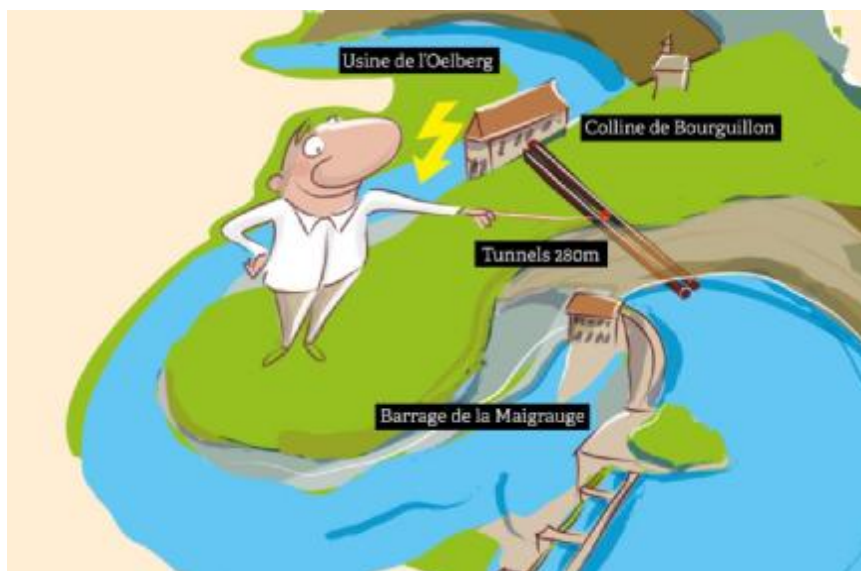
Petite grotte panoramique avec vue sur le lac de Pérolles. Celle-ci est relativement accessible avec de bonnes chaussures, si le terrain n'est pas glissant : En descendant le sentier Guillaume Ritter, juste à la sortie du tunnel, il faut passer au-dessus de la barrière à droite et escalader un grand talus. La grotte est à flanc de falaise... A déconseiller aux personnes souffrant de vertige.





Photos 29 05 2019 / René Andrey

Centrale de l'Oelberg



Le schéma de l'infrastructure hydroélectrique de la Maigrage. Sur la droite, la retenue formée par le barrage appelé lac de Pérolles. Photo : sentiersdeleau.ch

Construite en 1910, la centrale de l'Oelberg est distante d'environ 20 minutes à pied du barrage de la Maigrage. Elle se trouve à Planche-Inférieure, à côté du pont du Milieu qui permet de relier le quartier de l'Auge à celui de la Neuveville, dans la vieille ville de Fribourg.

L'eau est amenée à la centrale depuis le barrage de la Maigrage par une galerie souterraine creusée à travers la colline de Bourguillon. L'électricité est produite grâce à deux turbines Kaplan et trois turbines Francis. Aujourd'hui, l'infrastructure hydroélectrique de la Maigrage produit l'électricité annuelle pour approximativement 10'000 ménages.



L'usine de l'Oelberg. Photo : groupe-e.ch

The diagram illustrates the St. Lawrence Seaway locks and power stations. It shows the river's path from the top left, through the locks, and down to the bottom right. Key components labeled include:

- Série Saine**: Located at the top left of the river.
- Centrale de l'Îleberg Kraftwerk Îleberg**: A power station located on the right bank, upstream of the locks.
- Chambres d'équilibre Wasserstollen**: Water locks or chambers located between the power station and the locks.
- Conduites for Drückentlastung**: Pressure relief conduits located on the right bank, downstream of the water locks.
- Barrière de la Malgouge Staumauer der Malgouge**: A dam or barrier located on the left bank, downstream of the locks.
- Calendrier de marche Druckstellen**: A schedule or pressure points located on the right bank, downstream of the dam.
- Prise d'eau Wasserfassung**: A water intake or collection point located on the right bank, downstream of the schedule.
- Antenne centrale Altes Kraftwerk**: A central antenna or old power station located on the right bank, downstream of the intake.
- Pavillon de crues Hochwasserentlastung**: A flood relief pavilion located on the left bank, downstream of the dam.
- Lac de Péribon**: A lake located at the bottom right of the diagram.

Diagram illustrating the structure of a power MOSFET (MOSFET) with labels:

- Drainregion (Drain region)
- Drainkontakt (Drain contact)
- Gate (Gate)
- Sourcekontakt (Source contact)
- Source (Source)
- Substrat (Substrate)



Des trésors aux portes de la ville de Fribourg



LA LIBERTÉ

10.04.2019

Cécile Auberson

Des trésors aux portes de la ville de Fribourg

© Gilles Hauser / Yann Rime

Le lac de Pérolles est apprécié de tous les Fribourgeois, mais peu connaissent les richesses qu'il recèle

En ce début de printemps, nombreux sont les promeneurs qui s'aventurent en bordure de Fribourg et qui se décident à emprunter le sombre tunnel du sentier Ritter pour rejoindre le lac de Pérolles. Mais bien peu sont conscients de la riche faune aviaire qu'abritent les falaises de la ville des Zaehringen. Tichodrome échelette, harle bièvre ou encore cincle plongeur : petit tour d'horizon de la richesse spécifique de la capitale fribourgeoise avec Yann Rime, membre du cercle ornithologique de Fribourg (COF).

« *Le tichodrome est l'oiseau le plus chouette à observer à Fribourg* » Yann Rime

A peine arrivé au bord de l'eau, le plumage noir et blanc du harle bièvre saute aux yeux. Ce drôle de canard piscivore nidifie en hauteur et ses petits doivent peu après la naissance sauter de leur perchoir pour rejoindre la terre ferme. Lorsque le nid se trouve au-dessus d'un plan d'eau, le plongeur se fait généralement sans dommage, mais lorsque les parents décident de s'installer au-dessus d'une surface dure, les choses se corsent : « Le harle bièvre est une espèce avec une haute mortalité juvénile : certains jeunes meurent en s'écrasant au bas de leur nid. C'est aussi pour cela qu'ils pondent jusqu'à quatorze œufs. En général, seuls deux ou trois vont survivre », chiffre Yann Rime.



Mais leur sortie brutale du cocon familial n'est pas la seule cause de décès précoce : les martres et autres prédateurs font également des ravages dans les couvées. Malgré ces obstacles, l'espèce semble se porter plutôt bien. Ce n'est pas le cas du choucas des tours, qui niche dans les murs de soutènement de la Grand-Rue. « Ces oiseaux sont en déclin un peu partout en Suisse », indique l'ornithologue. L'une des causes de cette diminution est notamment la perte des sites de nidification. « A Fribourg, la population se maintient uniquement grâce aux nichoirs qui ont été installés pour eux », ajoute le biologiste.



Les faucons pèlerins, eux aussi, ont connu des jours sombres. Dans les années 1970, cette espèce avait pratiquement disparu, à la suite de l'utilisation de DDT dans l'agriculture. Ce pesticide empêchait notamment les oiseaux de produire des coquilles d'œuf solides, réduisant ainsi leur succès reproductif à peau de chagrin. Mais depuis l'interdiction de cette substance, les populations se sont rétablies. « Malheureusement, les faucons pèlerins sont encore aujourd'hui empoisonnés. Ils s'attaquent aux pigeons et certains éleveurs peu scrupuleux ne se gênent pas pour les éliminer », regrette Yann Rime.

Un éclair rouge et noir

Le tichodrome échelette, par contre, est un oiseau que personne ne penserait à supprimer : avec son magnifique plumage gris, noir et rouge, ce petit volatile attire l'œil. « C'est l'oiseau le plus chouette à observer à Fribourg. Cette espèce est plutôt alpine, mais elle peut descendre en plaine en hiver. A Fribourg, il y a généralement deux individus : un dans le quartier du Bourg, et particulièrement sur la cathédrale et l'autre sous le pont de Pérolles. Une fois j'en ai même vu sur le NH hôtel. Cette espèce se nourrit de collemboles (ndlr : petits arthropodes) et de larves d'autres invertébrés qu'elle trouve dans les fissures du béton »



C'est sans doute ces longues années d'expérience qui lui permettent de fournir de nombreux détails sur toutes les espèces rencontrées. Ainsi, un cincle plongeur, petite boule de plumes et de graisse, appelle immédiatement un commentaire : « C'est le seul oiseau d'Europe capable de marcher sous l'eau. Il peut descendre jusqu'à 2 mètres de profondeur ». Le tour du lac s'achève sur une observation insolite. A côté de deux cormorans se dorant la pilule au soleil, un canard siffleur exhibe son front

jaune. « C'est vraiment rare d'en voir ici, se réjouit Yann Rime. La dernière fois que j'en ai vu un, c'était il y a dix ans ! »

Un site ornithologique d'importance nationale

Le lac de Pérolles attire de nombreuses espèces d'oiseaux depuis presque 150 ans, mais abrite aussi d'autres représentants de la faune fribourgeoise

Située à proximité de la ville de Fribourg, la réserve naturelle du lac de Pérolles est exceptionnelle sous bien des aspects. Formé en 1872 à la suite de la construction du barrage de la Maigrauge, le lac est mis sous protection et classé comme « réserve ornithologique de chasse » en 1961 déjà. Puis, en 1983, il obtient le statut de réserve naturelle. Enfin, en 2009, le site est enregistré comme réserve d'oiseaux d'eau et migrants d'importance nationale. La réserve gagne cette distinction notamment grâce à la vaste diversité de milieux concentrée sur son site : falaise de molasse abritant la nidification de faucons crécerelles et de harles bièvres, plans d'eau et roselière servant de pouponnières à la rousserolle effarvatte, forêts de hêtres, alluviales, séchardes ou encore artificielles, les oiseaux de toutes sortes, aussi bien rapaces que paisibles canards, trouvent leur bonheur dans les méandres de la Sarine.

Jusqu'à 160 espèces peuvent être observées à l'ombre des falaises fribourgeoises, dont 92 sont nicheuses. « Le début du printemps est la période de l'année durant laquelle on a la chance d'observer le plus d'espèces : les oiseaux hivernants ne sont pas encore partis et les espèces nicheuses sont déjà arrivées », indique Yann Rime, membre du cercle ornithologique de Fribourg.

Et l'avifaune n'est pas la seule à se plaire entre les falaises de molasse. De nombreuses espèces de chauves-souris, d'amphibiens, de reptiles et de grands mammifères se retrouvent facilement aux abords de la Sarine. « Il arrive même que les chamois de la vallée du Gottéron viennent jusqu'ici », indique le biologiste. CAU