Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
Band: 103 (2012)
Heft: 11

Artikel: Une technologie de pointe pour la centrale de Chavalon
Autor: Papina, Andrea
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-857370

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Une technologie de pointe pour la centrale de Chavalon

Une solution transitoire vers les énergies renouvelables

Les pertes de production électrique résultant de l'arrêt progressif des centrales nucléaires suisses ne pourront pas, dans un premier temps, être intégralement compensées par les nouvelles énergies renouvelables et par l'amélioration de l'efficacité énergétique. Afin d'assurer une production d'électricité flexible et planifiable qui permettrait de faciliter la phase de transition, Centrale Thermique de Vouvry SA projette de construire une nouvelle centrale à cycle combiné au gaz naturel sur le site de Chavalon.

Andrea Papina

Suite aux événements de mars 2011 au Japon, chaque pays a mené des réflexions sur sa propre politique énergétique. La Suisse a, quant à elle, décidé de changer radicalement son approvisionnement en électricité : la production à partir de centrales nucléaires, qui couvre actuellement 40 % des besoins du pays, sera progressivement abandonnée.

Afin de compenser cette disparition et de garantir la sécurité d'approvisionnement, le Conseil fédéral mise sur la promotion intensive de l'efficacité énergétique, l'énergie hydraulique et les nouvelles énergies renouvelables. Ces mesures n'étant probablement pas suffisantes à moyen terme, les besoins restants pour les 3 à 4 prochaines décennies devront être couverts par le biais d'importations d'électricité et de production thermique à partir de ressources fossiles.

La centrale à cycle combiné au gaz naturel (CCGT) que Centrale Thermique de Vouvry SA (CTV) projette de construire sur le site de Chavalon (Vouvry/VS) fait partie intégrante de cette stratégie. D'une puissance d'environ 400 MW_{el} pour une production annuelle de quelque 2 à 3 TWh, cette centrale à haut rendement permettrait en effet d'assurer une production d'électricité flexible et planifiable, qui faciliterait la phase de transition entre l'arrêt des centrales nucléaires et leur remplacement par les énergies renouvelables.

Principe d'une centrale à cycle combiné

Une centrale à cycle combiné représente la technologie la plus efficace en matière de production d'électricité à partir de ressources fossiles. Un schéma du principe de fonctionnement d'une centrale de ce type est présenté en figure 1. Les équipements principaux sont :

- la turbine à gaz, qui fournit environ les deux tiers de l'électricité produite par la centrale ;
- la chaudière de récupération, qui récupère la chaleur contenue dans les gaz d'échappement de la turbine à gaz ;
- la turbine à vapeur, qui fournit le tiers restant de l'électricité produite par la centrale à partir de la vapeur générée par la chaudière de récupération.

Tel que son nom l'indique, la centrale à cycle combiné est constituée de deux cycles : le cycle gaz, dont fait partie la turbine à gaz, et le cycle eau-vapeur composé par la chaudière de récupération, la turbine à vapeur et le condenseur. C'est la combinaison de ces deux cycles qui permet d'optimiser l'utilisation de l'énergie fossile pour la production d'électricité et de chaleur. A noter que cette dernière

CTV

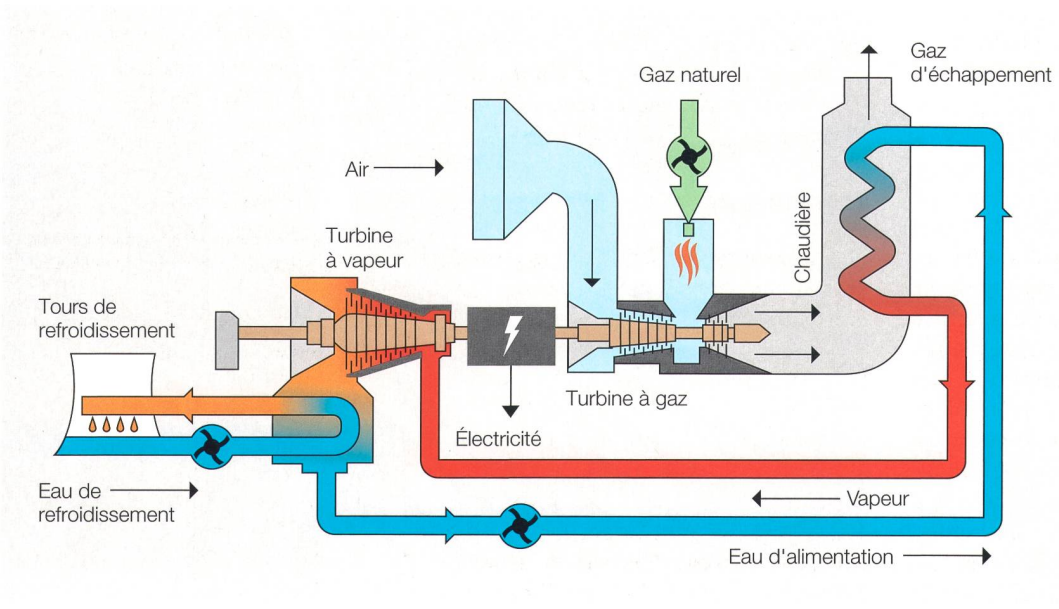


Figure 1 Schéma du principe de fonctionnement d'une centrale à cycle combiné.

Alstom

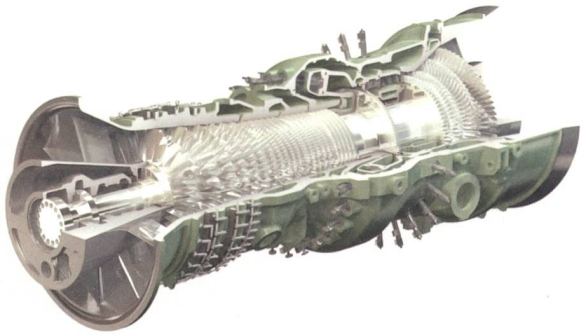


Figure 2 Une turbine à gaz.

peut être utilisée directement dans un processus industriel ou intégralement convertie en énergie électrique, comme cela est prévu pour la centrale de Chavalon.

Le premier cycle : le cycle gaz

Le cœur du premier cycle est composé de la turbine à gaz (figure 2). Il s'agit fondamentalement d'une machine tournante qui transforme l'énergie cinétique contenue dans les gaz issus de la combustion en énergie mécanique, laquelle est ensuite transformée en électricité par un alternateur.

Le principe de fonctionnement de la turbine à gaz est le suivant. Après avoir été filtré afin d'éliminer les impuretés solides, l'air ambiant (le comburant) est comprimé à travers un compresseur axial fixé sur le même arbre que la turbine. À la fin du processus de compression, le comburant peut atteindre une pression de 30 bar et une température de 500 °C. Il poursuit alors son parcours vers la chambre de combustion, dans laquelle, grâce à l'apport du combustible (généralement du gaz naturel), la combustion a lieu à une température d'environ 1500 °C. C'est dans ces conditions que les gaz issus de la chambre de combustion actionnent la turbine proprement dite. Dans cette dernière, les gaz se détendent sur plusieurs étages (généralement entre 2 et 5) en passant à travers des aubes qui créent un mouvement rotatif et transmettent un couple à l'arbre de la turbine. Celui-ci est relié à l'arbre de l'alternateur, qui génère ainsi de l'électricité.

À la sortie de la turbine, les gaz d'échappement ont encore une température supérieure à 500 °C. S'ils ne sont pas récupérés, ils sont évacués par la cheminée et se dispersent dans l'atmosphère (on parle dans ce cas d'un cycle « simple » ou « ouvert »).

Le deuxième cycle : le cycle vapeur

Dans le cycle vapeur, les gaz d'échappement de la turbine à gaz entrent dans une chaudière de récupération qui transforme de l'eau préalablement déminéralisée en vapeur surchauffée qui peut dépasser 550 °C et 130 bar. Cette vapeur est détendue dans une turbine à vapeur (figure 3) au sein de laquelle l'énergie cinétique est transformée en mouvement rotatif de l'arbre, permettant ainsi à un alternateur de produire de l'électricité supplémentaire. L'alternateur peut être le même que celui de la turbine à gaz. Dès que la vapeur quitte la turbine, elle passe par un condenseur, constitué de tubes traversés par de l'eau de réfrigération, qui permet de reconvertir la vapeur en eau.

Les installations auxiliaires

L'exploitation de la centrale est possible dans le plein respect des contraintes techniques et environnementales grâce aux différentes installations auxiliaires. Parmi elles, le traitement de l'eau brute afin d'obtenir de l'eau déminéralisée revêt une grande importance. Il permet d'éviter des dégâts aux équipements pour des raisons mécaniques (impuretés) ou chimiques (corrosion). L'eau doit être traitée afin d'éliminer les polluants tels que les impuretés organiques, inorganiques, les particules en suspension ou les contaminants biologiques.

Un transformateur élévateur est en outre nécessaire afin de relier entre eux les différents niveaux de tension, notamment celui de l'alternateur avec celui du réseau de transport à très haute tension (THT). L'alternateur, typiquement à deux pôles pour une vitesse de rotation de 3000 tr/min, génère de l'électricité à une tension de 21 kV, qui est élevée à 220 kV grâce à un transformateur triphasé d'environ 500 MVA.

Chavalon, le renouvellement d'un site industriel

L'emplacement de l'ancienne centrale, inaugurée en 1966 et hors service depuis 1999, avait été choisi à l'époque à une altitude de 833 m afin de minimiser les impacts sur l'environnement dans le Chablais. Les gaz d'échappement étaient ainsi expulsés au-dessus de la couche d'inversion qui s'installe souvent en hiver dans la région (figure 4).

La centrale était située à proximité de la raffinerie de Collombey, d'où le combustible était transporté à Chavalon par

Alstom

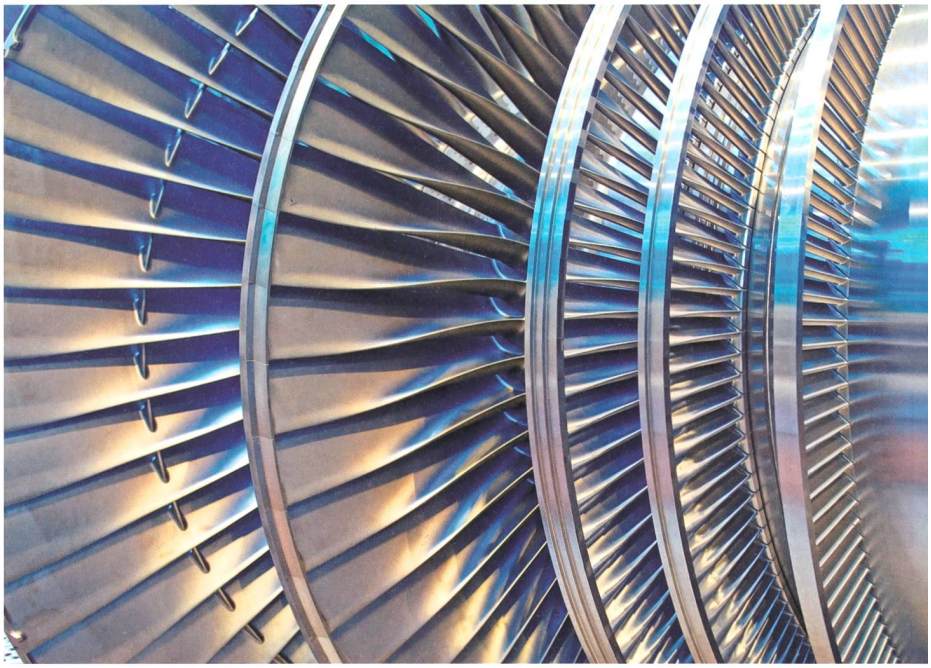


Figure 3 Etages d'une turbine à vapeur.

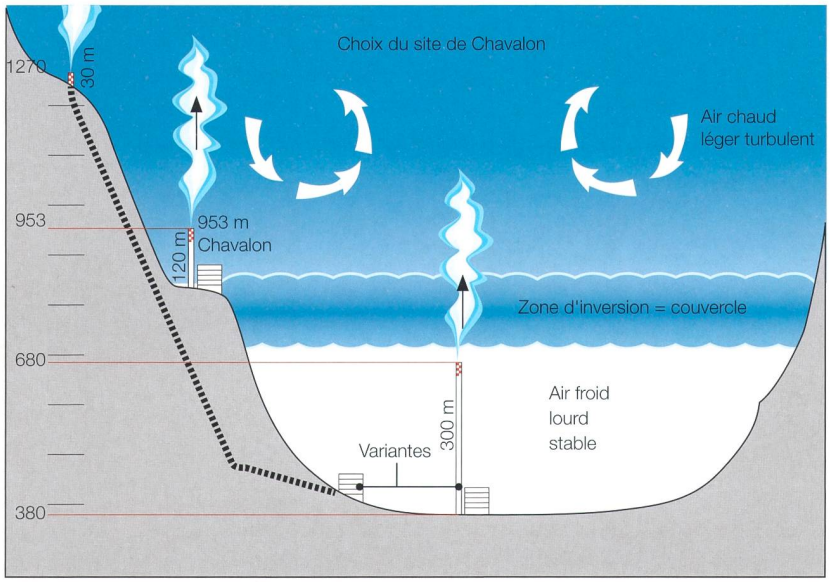
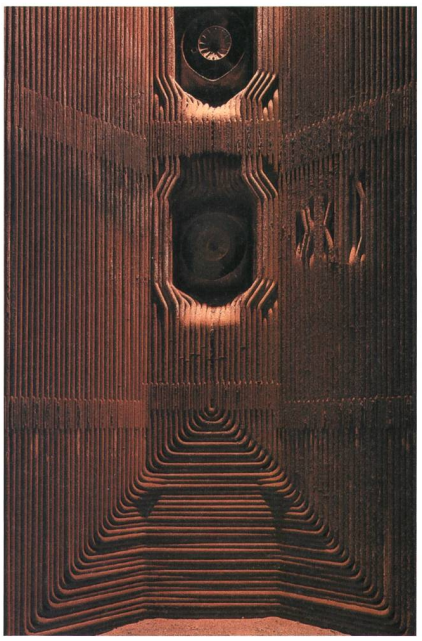


Figure 4 Choix du site de Chavalon en 1966.

CTV



Scanderbeg Sauer Photography

Figure 5 Intérieur de l'ancienne chaudière.

le biais d'un oléoduc de 11,4 km. Elle était composée de deux unités de 142 MW_{el}, chacune dotée d'une chaudière Sulzer monotubulaire à circulation forcée (figure 5) brûlant 32 t/h de mazout lourd afin de produire 460 t/h de vapeur à 540 °C et 190 bar. L'électricité était générée grâce à un alternateur Oerlikon de 175 MVA, entraîné par une turbine à vapeur Escher Wyss de 150 MW.

Bien que les équipements soient encore en bon état, ils sont devenus obsolètes. Le rendement atteignable est en effet passé de 38 % pour l'ancienne centrale, à 58,5 % pour le projet de nouvelle CCGT. Ce constat a motivé la décision de ne pas réutiliser les équipements existants, mais de construire une nouvelle centrale à cycle combiné avec la meilleure technologie disponible, un rendement à la pointe du progrès et des impacts sur l'environnement réduits au strict minimum.

Le projet de nouvelle centrale à cycle combiné au gaz naturel

Les spécificités du site ont été analysées dans l'étude de faisabilité du projet afin d'optimiser la taille de la centrale ainsi que sa configuration (figure 6). Par exemple, la disponibilité d'eau à basse température a motivé le maintien d'un système de refroidissement très performant basé sur des tours de refroidissement par voie humide.

L'étude a conseillé une configuration 1-1-1, c'est-à-dire une turbine à gaz, une turbine à vapeur et un seul alternateur sur le même arbre qui atteindra une longueur d'environ 100 m (configuration « single-shaft »). Cette solution est assez habituelle dans cette classe de performance et permet en outre de pallier une disponibilité limitée de surface. La classe de puissance sera de l'ordre de 400 MW_{el}.

Afin d'atteindre des niveaux d'émissions d'oxydes d'azote (NO_x) largement inférieurs aux limites de 50 mg/Nm^3 fixées par l'ordonnance pour la protection de l'air (OPair), la centrale sera équipée d'un catalyseur qui permettra d'atteindre des valeurs de moins de 10 mg/Nm^3, soit 80 % plus basses que la limite légale.

Un site fort d'atouts importants

L'emplacement de Chavalon présente des atouts très intéressants qui favorisent l'installation d'une centrale à cycle combiné. Premièrement, le site est déjà affecté comme zone industrielle depuis l'implantation de la centrale dans les années 60. Ainsi, lors de la mise à l'enquête de la nouvelle centrale, une seule opposition a été déposée de la part d'une personne privée.

Deuxièmement, le site est déjà connecté au réseau de transport THT et ne nécessitera pas la construction d'une nouvelle ligne électrique. Les travaux mis à l'enquête concernent le reclassement de la ligne actuelle.

Finalement, un gazoduc de transport majeur se trouve à 4,5 km du site. Il relie le réseau de gaz français au gazoduc principal qui traverse la Suisse entre l'Allemagne et l'Italie. C'est sur cette liaison que le nouveau pipeline qui alimentera la centrale de Chavalon se connectera avec un tube en acier spécial d'environ 400 mm de diamètre et 10 mm d'épaisseur, enterré et donc invisible.

Une flexibilité maximale de fonctionnement

Les nouvelles centrales à cycle combiné peuvent fonctionner selon plusieurs modes : démarrage journalier, uniquement pendant les heures de pointe ou 24h/24. Pour une opération en continu, l'installation n'a pas besoin d'équipements particuliers. Un fonctionnement avec un démarrage journalier peut, quant à lui, être facilité par l'installation d'appareils supplémentaires qui évitent un refroidissement excessif des machines pendant les périodes d'arrêt. Grâce à l'optimisation des séquences de démarrage, il est ainsi possible d'atteindre la pleine puissance de l'installation en 30 minutes. Une fois l'installation en service, des variations de charge entre 100 % et 50 % sont techniquement possibles dans un délai de quelques minutes, tout en respectant les contraintes environnementales.

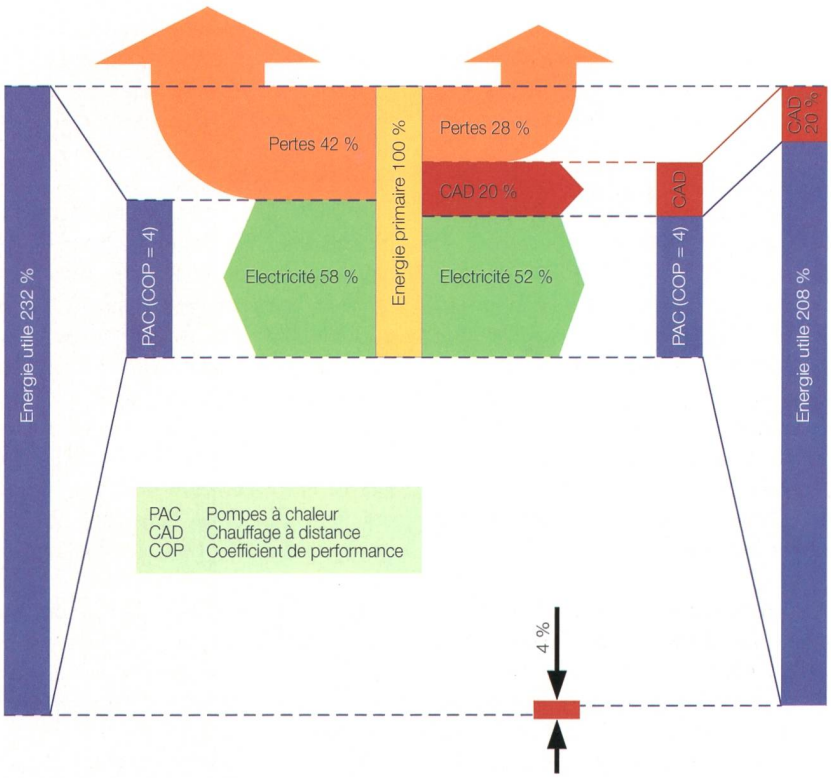
Une CCGT peut aussi fournir des prestations de services système en faveur du réseau THT, en permettant tous les types de réglages de tension ou de fréquence, du primaire au tertiaire. Des variations de charge de l'ordre de 2 MW/s sont possibles, ce qui permet, par exemple, de mettre à disposition jusqu'à ± 30 MW de puissance de réglage primaire.

CTV

Figure 6 Photomontage de la nouvelle centrale de Chavalon.

Intégration des nouvelles énergies renouvelables

La nouvelle centrale de Chavalon pourrait jouer un rôle important dans le développement des nouvelles énergies renouvelables (NER). Directement dépendantes des conditions météorologiques, les éoliennes et les installations photovoltaïques génèrent en effet une production irrégulière et non prédictible qui nécessite un apport en énergie de réglage. Vu l'importance de capturer « sur le moment » la production électrique de ces sources renouvelables, le réseau subit d'importantes fluctuations qui doivent être prises en charge par une source alternative toujours disponible et planifiable. Grâce à son exploitation flexible, la centrale de Chavalon offrirait un moyen efficace de combler les fluctuations imprévisibles provoquées par la plupart des NER.



CTV

Figure 7 Comparaison des bilans énergétiques avec (à droite) ou sans (à gauche) utilisation partielle de la chaleur pour des applications de chauffage à distance.

Une solution énergétique globalement plus efficace

La centrale prévue à Chavalon récupérera le maximum de chaleur résiduelle afin de produire exclusivement de l'électricité, sans utilisation directe de la chaleur (par exemple pour du chauffage ou l'industrie). Ainsi, son rendement sera d'environ 58,5 %.

Le rendement des couplages chaleur-force (CCF) peut quant à lui dépasser les 80 %. Toutefois, il est fondamental de différencier le rendement électrique du rendement thermique. Le rendement électrique est le rapport entre l'électricité générée et l'énergie contenue dans le combustible utilisé à cette fin. Le rendement thermique est le rapport entre la chaleur utilisable produite et l'énergie contenue dans le combustible.

Calculer un rendement total en additionnant l'électricité produite avec la chaleur générée qui pourrait être utilisée pour du chauffage à distance, équivaudrait à affirmer qu'un kWh thermique est égal à un kWh électrique. Or, la chaleur et l'électricité ne sont pas facilement interchangeables. Elles n'ont pas les mêmes applications et dès lors, les deux types de rendements ne sont pas comparables.

Pour comparer, il faut rendre comparable

Un système énergétique qui coupler-ait l'électricité de Chavalon avec des pompes à chaleur modernes, en remplacement de systèmes de chauffage à énergie fossile, présenterait un excellent bilan énergétique. Une telle application, utilisant les réseaux de distribution électriques existants, serait plus simple, plus rapide et moins coûteuse à mettre en place qu'un système de chauffage à distance. Comme indiqué dans la **figure 7**, un tel concept serait plus favorable en termes de rendement énergétique (environ 4 points de pourcentage) que l'exploitation de la chaleur produite par la centrale, qui nécessiterait la réalisation préalable d'un réseau de chauffage à distance et limiterait la flexibilité d'exploitation de la centrale.

La question du CO_2

La production d'électricité à partir des CCGT alimentées au gaz naturel est celle qui génère le moins de CO_2 par kWh produit parmi les centrales à combustible fossile.

Le cadre législatif applicable aux projets de centrales à gaz en Suisse prévoit

l'obligation pour l'exploitant de la centrale de compenser intégralement les émissions de CO_2 qui seraient produites pendant toute sa durée de vie opérationnelle. Pour Chavalon, ces émissions pourraient être de l'ordre de 750 000 t/an, en fonction du régime de fonctionnement de la centrale. Selon la législation, dès 2013, au moins 50 % des émissions de CO_2 devraient être compensés en Suisse et le solde par le biais de certificats de réduction des émissions obtenus à l'étranger.

CTV a donc développé un programme de compensation des émissions de CO_2 en Suisse en collaboration avec les associations InfraWatt, energo et GSP (Groupement professionnel suisse des pompes à chaleur), avec un potentiel supérieur aux besoins de la centrale. Il s'agit notamment de récupérer de la chaleur et de l'électricité dans des installations d'incinération de déchets et de traitement des eaux usées, de rendre des bâtiments moins énergivores ou encore de développer l'installation de pompes à chaleur.

En septembre 2012, l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) et CTV ont signé un contrat qui fixe les conditions de compensation des émissions de CO_2 de la centrale de Chavalon.

Conclusions

Ces prochaines années, le parc de production d'électricité de Suisse se développera par le biais des nouvelles énergies renouvelables. La centrale à cycle combiné de Chavalon pourrait faciliter cette évolution tout en offrant le meilleur rendement possible pour la production d'électricité à partir d'énergie fossile. Grâce à la flexibilité opérationnelle qui caractérise ce type de centrale, elle pourrait être exploitée dans différents modes de production, selon la demande et à tout moment. Pendant sa durée de vie d'environ 25 ans, elle fournirait ainsi un complément fiable et planifiable à la production stochastique des NER.

Situé en zone industrielle, connecté au réseau THT et proche du gazoduc de transport, le site de Chavalon a des atouts importants pour l'implantation d'une centrale à cycle combiné. Grâce à des équipements à la pointe de la technologie, la centrale récupérera le maximum de chaleur résiduelle afin de produire exclusivement de l'électricité. Une solution qui couplerait cette électricité avec des pompes à chaleur modernes, en remplacement de systèmes de chauffage fossiles, présenterait par exemple un excellent bilan énergétique. La centrale de Chavalon respecterait de plus pleinement les contraintes environnementales et compenserait intégralement ses émissions de CO_2.

Lien

- www.chavalon.ch

Informations sur l'auteur

Andrea Papina est ingénieur ETHZ en mécanique, avec formation postgrade auprès de l'IMD à Lausanne. Après l'obtention de son diplôme en 1997, il a acquis une grande expérience dans tous les domaines qui touchent les centrales thermiques. Il est actuellement chef de projet pour la nouvelle centrale à cycle combiné de Chavalon.

Centrale Thermique de Vouvry SA, 1003 Lausanne, andrea.papina@alpiq.com

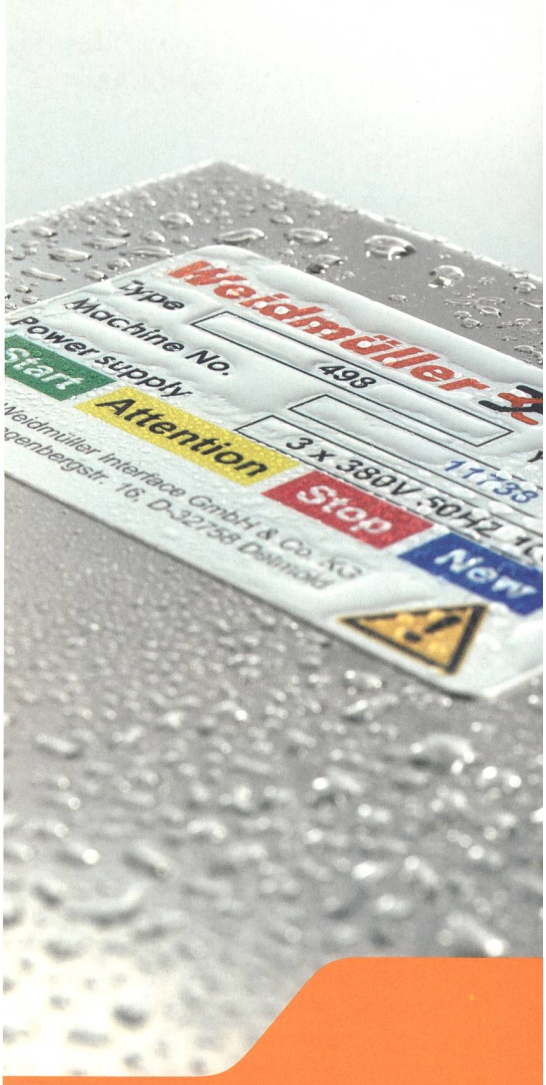
Zusammenfassung **Spitzentechnologie für das Kraftwerk Chavalon**

Eine Übergangslösung hin zu erneuerbaren Energien

Die durch die stufenweise Abschaltung der Schweizer Kernkraftwerke wegfallende Stromerzeugung kann vorerst nicht vollständig durch die neuen erneuerbaren Energien und die Steigerung der Energieeffizienz kompensiert werden. Um die mittelfristige Versorgung des Landes sowie eine flexible und planbare Stromerzeugung sicherzustellen, die die Übergangsphase erleichtern, plant die Centrale Thermique de Vouvry SA den Bau eines neuen Gas-und-Dampf-Kombikraftwerks in Chavalon.

Dank der Einrichtungen, die dem neuesten Stand der Technik entsprechen, kann dieses Kraftwerk die gesamte nutzbare Abwärme verwerten, um ausschliesslich Strom zu erzeugen und auf diese Weise einen Wirkungsgrad von ca. 58,5 % zu erreichen – den höchstmöglichen Wirkungsgrad für die Stromerzeugung aus fossilen Energieträgern.

Zusätzlich wird es aufgrund der hervorragende Betriebsflexibilität, die diese Art von Kraftwerken auszeichnet, möglich sein, je nach Bedarf gemäss unterschiedlichen Erzeugungsprofilen zu produzieren. Ausserdem erfüllt das Kraftwerk Chavalon sämtliche Umweltauflagen und kompensiert seine CO_2-Emissionen vollständig. CHe



Metallschilder MetalliCard
Markieren mit System

Ihre Beschriftung soll durch Beständigkeit glänzen
Wir nennen das „Markieren mit System"
Let's connect.

Gemäß unserem Systemgedanken haben wir unser Markierersortiment um Metallschilder ergänzt, die mit den weiteren Systembestandteilen eine optimale Verbindung eingehen: eine Software, ein Drucker für eine exzellente Beschriftung.

www.systemised-marking.com

Weidmüller