

D'où vient l'électricité?





« La maintenance de l'infrastructure est indispensable au fonctionnement sûr et performant du réseau de transport. »
Hans-Christian Widmer Grid Maintenance Manager



« L'impact de l'infrastructure sur l'environnement est surveillé y compris après sa mise en service. Pour les mesures de substitution ayant trait à l'environnement, Swissgrid mise sur un effet durable. »
Barbara Krummenacher Grid Project Engineer



« L'exploitation courante du réseau de transport requiert de l'attention jour et nuit. Nous établissons des prévisions sur la charge du réseau douze mois à l'avance. »
Gudrun Hoeskuldsdottir Specialist Operational Planning



« Il y a toujours des risques. Les mesures et les processus appropriés permettent de rendre le réseau de transport plus résistant aux événements négatifs. »
Hans Ulrich Künzler Head Enterprise Risk Management

L'électricité est omniprésente. Elle fait partie intégrante de notre quotidien et est indispensable à la vie moderne. Avant de jaillir de la prise de courant comme si cela allait de soi, l'énergie électrique a déjà parcouru un long chemin. Le magazine Swissgrid vous fait découvrir le rôle que joue cette dernière en tant que gestionnaire du réseau de transport sur ce parcours.

Pour que l'électricité soit disponible à tout moment, le personnel de Swissgrid est à pied d'œuvre 24 heures sur 24. Il surveille les flux d'électricité et veille à ce que l'infrastructure fonctionne sans accroc. Afin de garantir l'approvisionnement à long terme, Swissgrid planifie dès aujourd'hui le réseau du futur et apporte ainsi une contribution importante au virage énergétique.

Découvrez dans notre magazine le chemin que le courant emprunte aujourd'hui et celui qu'il empruntera demain.

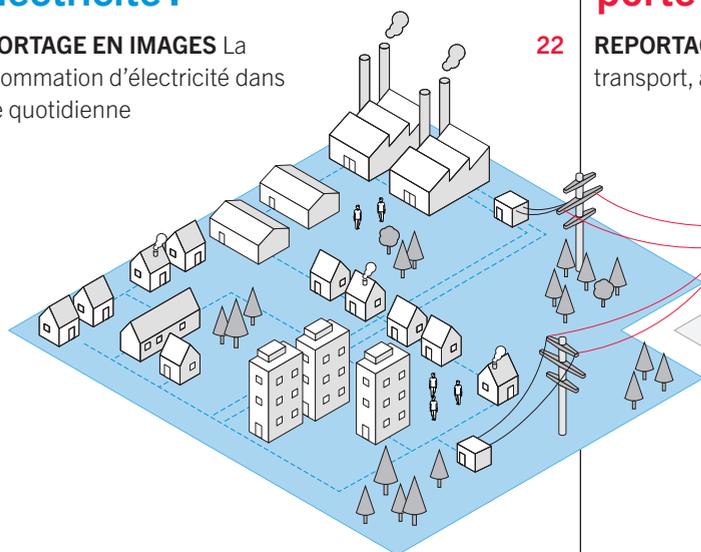
Nous vous souhaitons une bonne lecture.

Le parcours de l'électricité

En trois chapitres, nous le mettons en lumière avec des informations de fond, des interviews de spécialistes et des portraits de personnes œuvrant pour le réseau de transport.

6 1 – Comment utilise-t-on l'électricité?

8 **REPORTAGE EN IMAGES** La consommation d'électricité dans la vie quotidienne

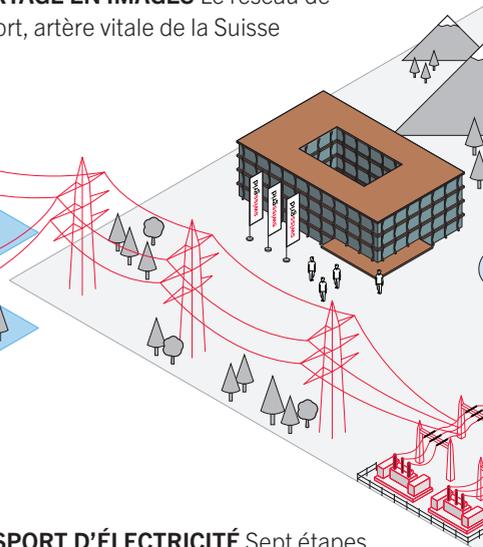


12 **DIALOGUE** Changer de comportement – un entretien avec Sebastian Berger

16 **LE B.A.-BA DE L'ÉLECTRICITÉ** Ce qu'il faut savoir sur l'énergie électrique et la consommation d'électricité

20 2 – Comment transporte-t-on l'électricité?

22 **REPORTAGE EN IMAGES** Le réseau de transport, artère vitale de la Suisse



26 **TRANSPORT D'ÉLECTRICITÉ** Sept étapes pour arriver à destination

28 **RÉSEAU DE TRANSPORT** Les installations essentielles au réseau

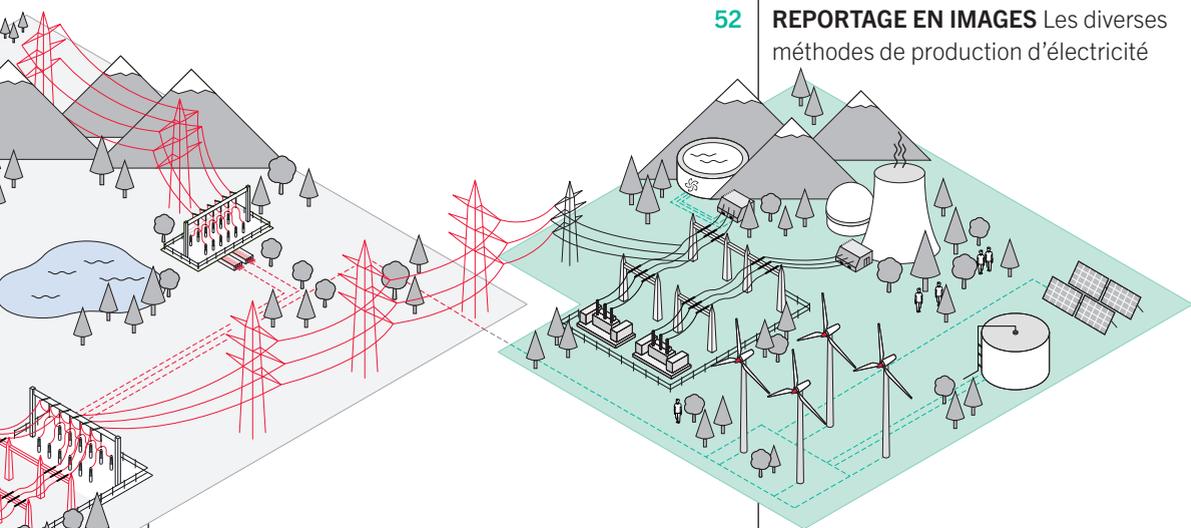
30 **CENTRE DE CONDUITE DU RÉSEAU** C'est là que tout converge

33 **MENACE** Black-out vs situation de pénurie

34 **PORTRAITS DE COLLABORATEURS** Au service du réseau de transport

36 **PROJETS DE RÉSEAU** Rendre l'énergie hydraulique exploitable

38 **IMPACT ENVIRONNEMENTAL** L'électricité n'est pas invisible



50 **3 – Comment produit-on l'électricité?**

52 **REPORTAGE EN IMAGES** Les diverses méthodes de production d'électricité

40 **DURABILITÉ** Les abeilles sauvages sous tension

42 **MARCHÉ DE L'ÉLECTRICITÉ** Parfois, les secondes comptent



44 **DIALOGUE** Le système énergétique en pleine mutation – un entretien avec Adrian Bult

47 **DIALOGUE** Regard vers l'avenir

49 **INNOVATION** Gérer la production d'énergie décentralisée



56 **DIALOGUE** Bâtiments électrifiés – un entretien avec Kristina Orehounig

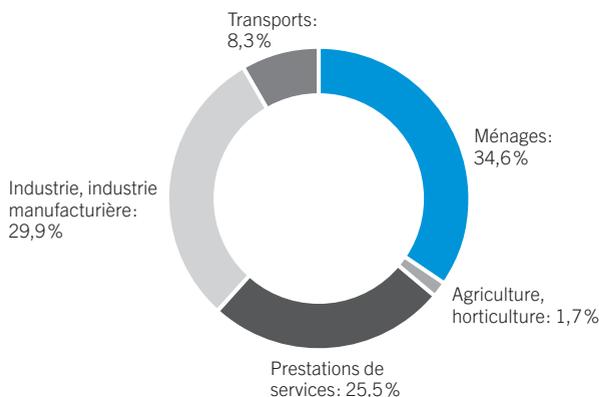
59 **LE B.A.-BA DE L'ÉLECTRICITÉ**
La production d'électricité, aujourd'hui et demain

L'ère du courant électrique

On ne la voit pas, mais elle est pourtant présente en permanence dans notre société: il s'agit de l'électricité. La consommation d'énergie électrique ne cesse de croître depuis des années et continuera à le faire dans le cadre des mesures de lutte contre le changement climatique. Pour répondre à cette demande croissante, nous devons augmenter l'efficacité et introduire de nouvelles technologies dans les ménages, les transports et l'industrie.

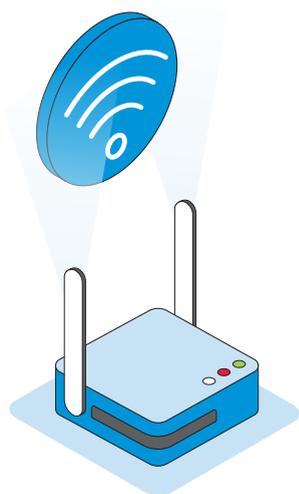
34,6%

C'est la part de l'électricité consommée par les **ménages** suisses en 2021, la plus grande de toutes.



~40%

d'électricité en plus est nécessaire pendant les mois froids de l'hiver par rapport à l'été. Comme les journées sont plus courtes, on recourt davantage à la lumière artificielle. Les appareils ménagers et l'électronique de divertissement sont utilisés plus souvent, et le chauffage augmente aussi la consommation.



Près de CHF 900

C'est ce que dépense dans l'année 2023 pour l'électricité une famille vivant dans un appartement de 5 pièces équipé d'une cuisinière électrique et d'un sèche-linge (sans chauffe-eau électrique).



Le streaming d'un film sur Netflix

consomme autant d'électricité qu'un four pendant vingt minutes. La consommation varie selon que l'on utilise le WLAN, les données mobiles, la fibre optique ou les câbles de cuivre: une connexion via le WLAN et la fibre optique donne les meilleurs résultats. De même, les besoins en énergie d'un téléviseur sont plus importants que ceux d'un ordinateur portable ou d'un smartphone.

20 à 40%

C'est le **potentiel d'économie d'énergie** atteignable dans les entreprises, selon la branche. Le passage systématique à l'éclairage LED et à des appareils économes ainsi que l'optimisation énergétique des salles de serveurs permettent de réduire considérablement la consommation.



Tension et énergie. Pour le plaisir des uns, il faut le power play des autres.



Fidèle compagnon. Sans la disponibilité permanente de l'électricité, la vie quotidienne est inimaginable.



Un facteur de bien-être. Souvent, c'est le petit quelque chose qui influence de manière décisive l'ambiance.



Une énergie productive. L'électricité garantit la croissance économique.

Une flexibilité maximale. La disponibilité de l'électricité fait bouger l'économie, la société et tout un chacun.





Être mobile. Grâce à l'électricité, nous disposons d'une multitude de moyens de transport.

« Les signaux
de prix sont
probablement
l'argument
le plus fort. »



3 questions posées à Sebastian Berger – brève interview sur:
youtube.com/swissgridag

Sebastian Berger, «notre côté flemmard», qu'est-ce pour vous?

C'est une expression populaire pour désigner notre manque de volonté. Il résulte toujours d'un conflit entre les objectifs à court terme et les objectifs à long terme. Nous avons en effet tendance à poursuivre les premiers et à négliger les seconds. On rencontre ce comportement dans de nombreux domaines de la vie, par exemple lorsqu'il faut faire un choix entre consommer et épargner, ou entre aller faire du jogging et se relaxer sur le canapé. Dans le domaine de la protection du climat, il existe aussi un tel conflit d'objectifs: comment pouvons-nous poursuivre les développements économiques et sociaux à court terme tout en vivant dans les limites de notre planète avec un climat stable et une biosphère intacte?

Pourquoi n'agissons-nous pas toujours de manière optimale, en dépit du bon sens?

C'est une question difficile. Que signifie exactement «de manière optimale»? L'optimalité suppose des préférences stables, mais celles-ci peuvent changer. Ce n'est pas parce que nous aimions la viande quand nous étions enfants que nous ne pouvons pas adopter un régime végétarien plus tard. Si nous parlons du comportement en lien avec le changement climatique, nous pouvons dire très clairement que l'humanité ne vit pas en accord avec l'objectif de protéger les limites planétaires. Notre mode de vie occidental menace la stabilité du climat et la biodiversité. Pourquoi agissons-nous ainsi? Il existe de nombreuses réponses à cette question. Un des facteurs importants est ce que l'on appelle les «effets de verrouillage», qui rendent difficile un changement de comportement, par exemple en raison des conditions générales, de l'infrastructure ou des incitations. Les personnes qui vivent à la campagne, par exemple, sont souvent obligées d'utiliser la voiture comme moyen de transport. Et tant que les vols sont moins chers que les voyages en train, il ne faut pas s'étonner que les gens prennent l'avion.

Comment un comportement s'installe-t-il?

Comprendre le comportement est une entreprise complexe. D'une part, il est façonné par la «vie intérieure» d'un individu, avec ses préférences, ses

La disponibilité de l'électricité ne semble plus être une évidence. Les comportements doivent changer pour que cette ressource soit gérée de manière plus durable.

souhaits et ses objectifs. D'autre part, nous sommes influencés par le monde extérieur, par exemple par des incitations financières, des normes et des règles sociales, mais aussi par l'architecture décisionnelle. Dans ce dernier cas, il s'agit de la conception et de la présentation délibérées de choix possibles dans le but de susciter une décision souhaitée. De telles architectures se retrouvent partout: la mouche dans l'urinoir, les paramètres par défaut des applications et des logiciels ou le fait que les bancomats rendent d'abord la carte avant de restituer l'argent.

D'un point de vue scientifique et pratique, il est difficile d'analyser les comportements, car la vie intérieure et le monde extérieur s'influencent parfois mutuellement. Les incitations et les normes peuvent agir sur nos préférences. Et par le biais de décisions politiques, ces préférences conduisent ensuite à de nouvelles incitations et normes.

Dans ce contexte, que pensez-vous de la campagne du Conseil fédéral sur les économies d'électricité?

L'appel à faire des économies d'électricité était motivé par les énormes risques pour la sécurité énergétique en Suisse et en Europe. Les campagnes d'information comme celle du Conseil fédéral sur les économies d'électricité sont un élément important pour apaiser les craintes du côté de la demande. La valeur de cette campagne est donc certainement élevée, mais il faut être conscient que celle-ci agit d'abord sur l'attitude et la motivation des gens et pas forcément sur leur comportement. Cependant,

personne au Conseil fédéral ne penserait qu'un appel à économiser de l'électricité est la seule réponse à une telle crise.

Comment motiver les gens à utiliser l'électricité de manière plus efficace et plus économique ?

Par le passé, l'électricité était tout simplement trop bon marché pour que les gens s'intéressent vraiment à la manière de l'économiser. L'accent était plutôt mis sur les solutions technologiques, comme les appareils électroménagers à haute efficacité énergétique. Cette situation est en train de changer. Les signaux de prix sont probablement l'argument le plus fort pour motiver les gens à économiser de l'électricité. Cependant, l'accès à une quantité d'énergie suffisante fait partie des services d'intérêt général. C'est pourquoi des prix parfois très élevés ne peuvent pas, pour des raisons sociales, être simplement répercutés sur les consommatrices et consommateurs finaux. Les sciences comportementales tentent de faire baisser la demande d'électricité même en l'absence de signaux de prix. Actuellement, de nombreuses études sont en cours avec les fournisseurs d'énergie. Les mesures consistent notamment à convenir d'objectifs communs au niveau de la commune ou du quartier. Ou à commuter des normes sociales. De nombreuses personnes ne peuvent tout simplement pas estimer la



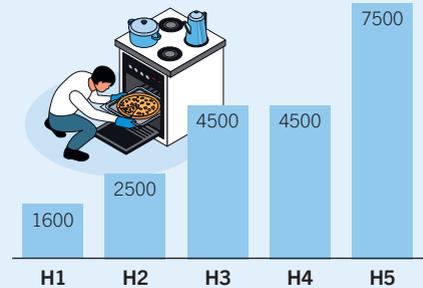
Portrait
Sebastian Berger

Sebastian Berger a été professeur assistant en développement durable à l'Université de Berne jusqu'en janvier 2023. Pour des raisons familiales, il y travaille à présent à temps partiel en tant que collaborateur scientifique. Ses travaux de recherche sont régulièrement publiés dans des revues internationales, et il est également coéditeur du « Journal of Environmental Psychology » et de « Social Justice Research ». Avant de s'installer à Berne, Sebastian Berger a été post-doctorant à l'Université de Stanford (États-Unis), à l'Université de Lausanne (Suisse) et à l'Université de Cologne (Allemagne).

Quelle est la consommation d'électricité de votre ménage ?

Les fournisseurs d'électricité n'ont pas de prix unique, mais font varier leurs tarifs en fonction du moment où l'électricité est consommée (jour, nuit, jour de la semaine, saison) et de la quantité consommée (profil de consommation).

5 profils de consommation de ménages types (kWh/an)



- H1:** Logement de 2 pièces avec cuisinière électrique
- H2:** Logement de 4 pièces avec cuisinière électrique
- H3:** Logement de 4 pièces avec cuisinière électrique et chauffe-eau électrique
- H4:** Logement de 5 pièces avec cuisinière électrique et sèche-linge (sans chauffe-eau électrique)
- H5:** Maison individuelle de 5 pièces avec cuisinière électrique, chauffe-eau électrique et sèche-linge

quantité d'électricité qu'elles consomment par rapport aux autres.

Pour cela, il faudrait disposer des données correspondantes...

Exactement, et c'est souvent un problème. L'approvisionnement énergétique n'est pas un secteur centré sur les données comme l'est le commerce en ligne, par exemple. De nombreux fournisseurs ne connaissent qu'un numéro de compteur et peut-être aussi l'adresse électronique de leur clientèle. Pour pouvoir agir de manière ciblée sur le comportement, il faut mieux comprendre les consommatrices et consommateurs, et connaître plus précisément leur consommation. Les compteurs intelligents sont une possibilité, mais ils posent aussi des défis, par exemple en matière de protection des données. Néanmoins, je suis convaincu que les analyses basées sur les données prendront de l'importance à l'avenir, car les systèmes énergétiques deviennent plus décentralisés, plus numériques et plus variables en matière de tarification. Il serait impossible de faire cela sans une technologie appropriée.

« De nombreuses personnes ne peuvent pas estimer la quantité d'électricité qu'elles consomment par rapport aux autres. »

Comment susciter des changements de comportement volontaires en matière d'économies d'électricité ?

En économie comportementale, on parle de « nudging » lorsqu'on veut pousser subtilement les personnes dans une certaine direction. Personnellement, je préfère le terme « architecture comportementale ». Celle-ci consiste à organiser délibérément notre environnement de manière à atteindre les objectifs souhaités. Elle promet un changement de comportement sans pour autant agir sur les prix, c'est-à-dire sans créer d'incitations financières. Il s'agit d'incitations non monétaires, comme la comparaison avec d'autres personnes pour les économies d'électricité.

Récemment, le GIEC a analysé la contribution que l'architecture comportementale peut apporter à la protection du climat et aux économies d'électricité. Il s'est avéré que les interventions comportementales sont efficaces, à condition qu'elles soient utilisées conjointement avec des signaux de prix. Le nudging fonctionne donc, mais comme souvent, le diable se cache dans les détails. C'est pourquoi nous appelons toujours à la création de plateformes permettant aux scientifiques et aux acteurs de la société d'élaborer conjointement des solutions. On ne peut pas créer de solutions en restant seul dans sa tour d'ivoire. À cette fin, les connaissances dont disposent les fournisseurs d'énergie sont extrêmement précieuses et pertinentes.

Des prescriptions contraignantes en matière d'économies d'énergie seraient-elles plus efficaces ?

De manière générale, les mesures contraignantes sont plus efficaces que les mesures non contraignantes, et il vaut mieux recourir à des prescriptions

strictes qu'à de simples appels. En même temps, la liberté de choix est dans notre société une valeur centrale que nous défendons. Il serait également difficile d'imposer des prescriptions à certains acteurs. L'État ne sait pas où l'électricité peut être économisée de la manière la plus efficace. La mise en œuvre serait également cahoteuse. Pour pouvoir mettre en place des modèles tarifaires, comme par exemple une tarification en fonction de l'heure, il faudrait une infrastructure couvrant l'ensemble du territoire.

Une autre solution consisterait à organiser plus activement les marchés de l'énergie. La question est de savoir comment on peut préserver la liberté économique tout en réalisant des objectifs d'économies. Si nous concevons les marchés de manière intelligente, avec des incitations, mais aussi avec des interventions comportementales, je pense personnellement que nous pouvons obtenir un effet positif sans exercer de contrainte. Les marchés fonctionnent si on les conçoit correctement.

Revenons à notre côté flemmard: comment vous motivez-vous lorsqu'il se manifeste ?

De deux manières. D'une part, j'essaie d'éviter les tentations. J'y parviens, par exemple, en laissant dans les rayons du supermarché ce qui n'est pas bon pour la santé afin de ne pas l'avoir chez moi. En même temps, je fais de bonnes expériences en créant de bonnes habitudes. Car quand on fait quelque chose par routine, la flemme n'a même pas le temps de s'installer. D'autre part, ma femme m'aide à atteindre mes objectifs. Les études montrent que le soutien social joue un rôle prépondérant. Contre deux personnes, la flemme a moins de chance de l'emporter.

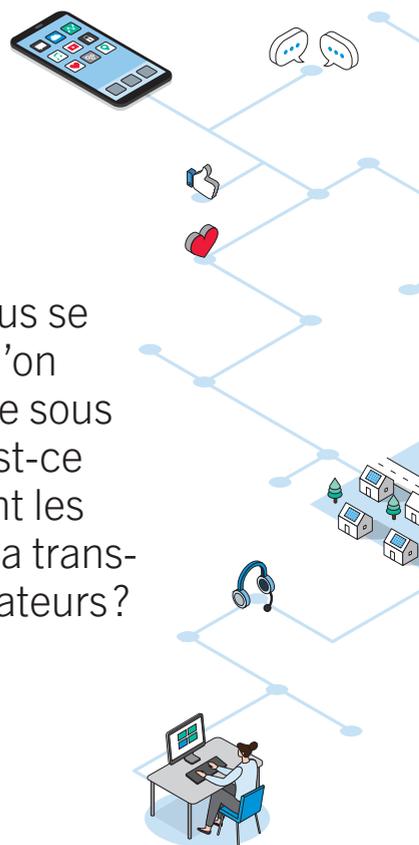
Le monde sous tension

Aujourd'hui, on ne peut pratiquement plus se passer d'électricité. Presque partout où l'on regarde, l'énergie électrique se manifeste sous l'une de ses multiples formes. Mais qu'est-ce qui fait circuler l'électricité et quelles sont les conditions techniques nécessaires pour la transporter efficacement jusqu'aux consommateurs ?

Sans tension, rien ne va

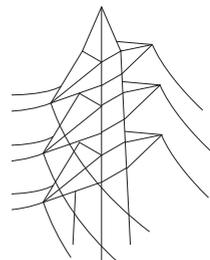
Pour que le courant circule, il faut une tension. Du réseau de transport jusqu'à l'appareil électrique à la maison, elle met les électrons en mouvement et permet de transporter l'électricité sur de grandes distances.

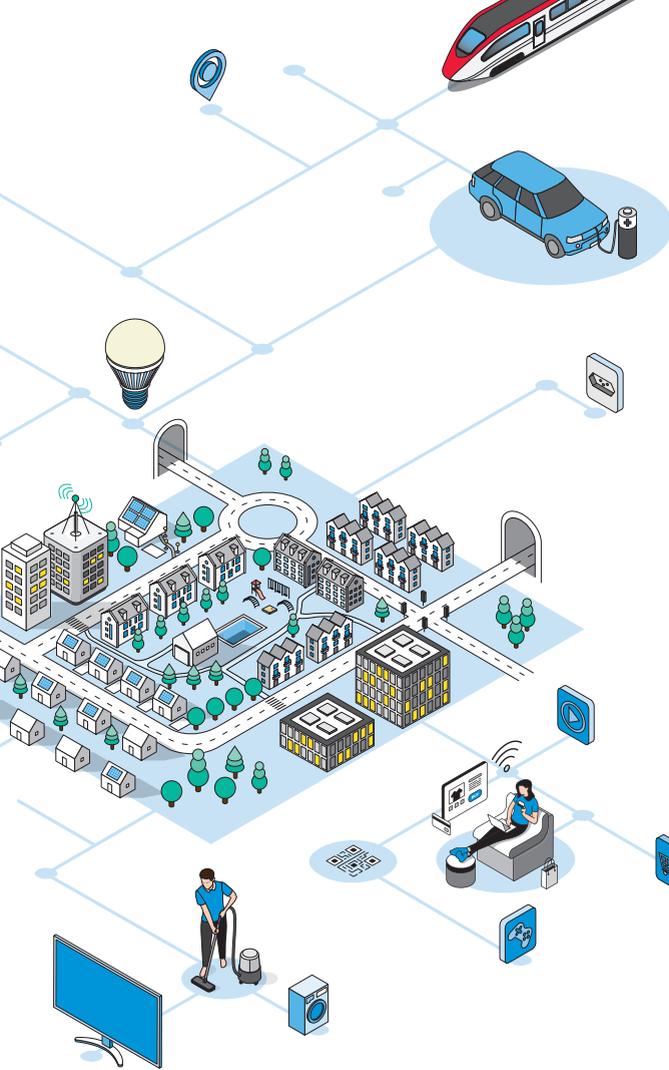
Le fonctionnement du courant électrique repose sur la propriété qu'ont les électrons – les particules à charge négative d'un atome – de toujours tendre vers un état neutre. Si l'on enlève les électrons d'un atome, par exemple au moyen d'une réaction chimique, il reste une particule chargée positivement, le cation. Mais ni l'électron ni le cation n'acceptent cette séparation sans réagir. Ils essaient constamment de revenir à leur état d'équilibre initial. C'est la tension entre ces particules chargées négativement et positivement, le pôle positif et le pôle négatif, qui met les électrons en mouvement et fait ainsi circuler l'électricité.



Bon à savoir

Plus la section d'un conducteur est grande, plus la résistance et donc les pertes lors du transport d'électricité sont faibles. Si l'on diminue le diamètre d'un conducteur, il faut augmenter la tension pour pouvoir transporter la même quantité d'électricité sans subir de grandes pertes. C'est pour cette raison que les lignes à très haute tension fonctionnent à 220 000 ou 380 000 volts.





Courant continu vs courant alternatif

Selon la direction du mouvement des électrons, le courant électrique peut prendre la forme d'un courant continu ou d'un courant alternatif. Si les électrons se déplacent uniformément dans un sens, on parle de courant continu. Les appareils à piles, comme les lampes de poche, sont basés sur ce principe. Si le sens du mouvement change périodiquement, il s'agit de courant alternatif. La fréquence de ce changement est indiquée en hertz. Le réseau électrique européen, par exemple, fonctionne en 50 hertz, ce qui signifie que le sens du flux change 100 fois par seconde, 50 fois dans chaque direction.

Les multiples effets de l'électricité

Les principales unités de mesure électriques

La **tension** se mesure en **volts (V)**; c'est une « force » qui permet au courant de circuler. Plus la différence entre le pôle positif et le pôle négatif est grande, plus la tension est élevée.

L'**intensité du courant** se mesure en **ampères (A)** et indique le nombre de particules qui se déplacent simultanément dans un conducteur. À noter: plus le nombre d'électrons qui circulent en une seconde est élevé, plus l'intensité du courant est importante.

La **résistance électrique** se mesure en **ohms (Ω)**. La résistance ohmique détermine la tension nécessaire pour faire passer une certaine quantité de courant électrique dans un conducteur.

La **puissance** du courant électrique est mesurée en **watts (W)**. On l'obtient en multipliant le courant par la tension. À noter: plus la tension est élevée et plus l'intensité du courant est grande, plus la puissance est importante.



Effet thermique

Lorsque le courant circule dans un conducteur, par exemple un fil, celui-ci chauffe. Les bouilloires, fers à repasser et cuisinières électriques sont basés sur cet effet thermique de l'électricité.



Effet lumineux

Chauffés par le courant à un certain point, certains conducteurs émettent de la lumière. Les lampes à incandescence ou halogènes fonctionnent grâce à cet effet lumineux.



Effet magnétique

L'effet magnétique repose sur le fait qu'un champ électromagnétique est créé autour d'un conducteur lorsqu'il est traversé par du courant. Les moteurs électriques et les électro-aimants sont des applications de cet effet.

Que se passe-t-il avec le prix de l'électricité ?

Depuis 2021, le prix de l'électricité a augmenté de manière significative. La principale raison est l'instabilité des marchés de l'électricité, dont l'évolution dépend de la situation économique et géopolitique mondiale.

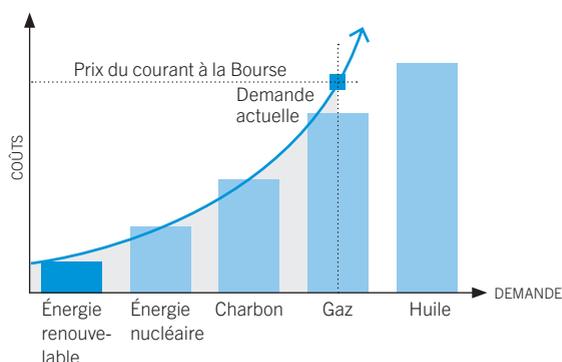
La raréfaction des ressources en gaz, en pétrole et en charbon a entraîné ces derniers mois une hausse significative des prix de l'électricité, qui avaient déjà été renchérissés par les conséquences économiques de la pandémie et par le prix élevé du CO₂. À court terme, les prix du gaz, du charbon et du CO₂, et donc les prix de l'électricité, ne changeront guère. À long terme, l'évolution des prix de l'électricité dépendra de la vitesse de développement de l'éolien et du photovoltaïque, mais aussi de l'évolution de la demande.

 Pour en savoir plus:
[swissgrid.ch/blog](https://www.swissgrid.ch/blog)

Les marchés de l'électricité en bref

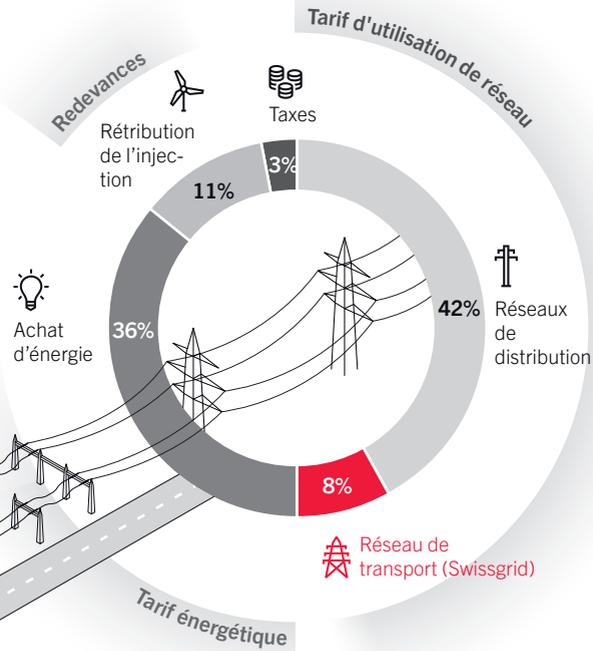
L'électricité est négociée sur différentes bourses du marché européen de l'électricité ou de gré à gré. Le prix de l'électricité étant étroitement lié à celui des autres agents énergétiques, il convient de considérer l'ensemble du marché de l'énergie pour comprendre les variations de prix. En principe, les centrales électriques sont utilisées dans l'ordre de leurs coûts variables. Ce que l'on appelle « l'ordre de mérite » commence par la centrale la moins chère et se poursuit jusqu'à ce que la demande soit couverte. C'est donc la plus chère des centrales utilisées qui détermine le prix. Actuellement, il s'agit de centrales à gaz, ce qui met en évidence l'interdépendance du prix de l'électricité avec celui du gaz naturel.

Ordre du mérite



Voici comment est calculé le prix de l'électricité

Pour la population suisse, le prix de l'électricité se compose grosso modo de trois éléments: tarif énergétique, tarif d'utilisation de réseau et redevances versées aux collectivités publiques, y compris le supplément réseau. En raison de la situation tendue sur le marché, le tarif énergétique a parfois fortement augmenté. L'ampleur de l'augmentation dépend de la capacité d'une entreprise d'approvisionnement en énergie à couvrir la majorité de la demande par sa propre production ou à s'approvisionner sur le marché. Les fournisseurs qui n'ont pas ou peu de production propre doivent payer des prix élevés sur le marché, ce que la clientèle finale ressent désormais aussi. Les fournisseurs ayant une production propre élevée peuvent quant à eux simplement facturer les coûts de revient de leurs propres centrales électriques et n'affichent donc pas de hausse de prix, ou affichent seulement des hausses modérées. Il y a encore quelques années, c'était l'inverse.



Les tarifs de Swissgrid

Swissgrid perçoit différents tarifs pour couvrir ses coûts: tarifs pour l'utilisation du réseau, tarifs pour les services système généraux et tarifs pour les services système individuels. La structure des tarifs est strictement définie par la loi sur l'approvisionnement en électricité et l'ordonnance sur l'approvisionnement en électricité. Le niveau des tarifs est quant à lui communiqué avant la fin du mois de mars, sur la base d'hypothèses concernant les recettes et coûts attendus pour l'année suivante. Swissgrid s'appuie notamment sur des prévisions concernant l'évolution des prix sur les marchés internationaux de l'électri-

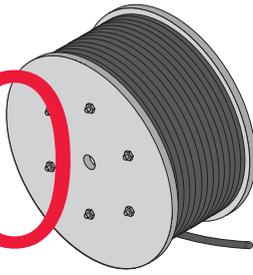
cité. Ces tarifs ont eux aussi augmenté. La raison en est que Swissgrid doit se procurer une partie de ses services – par exemple la puissance de réglage ou l'énergie électrique pour la compensation des pertes actives – sur le marché de l'électricité. Les coûts du réseau de transport de Swissgrid représentent en 2023 environ 8% du prix total de l'électricité facturé au consommateur final. Un ménage suisse avec une consommation annuelle de 4500 kWh paie 70 francs pour les coûts du réseau de transport exploité par Swissgrid.

 Pour en savoir plus sur le prix de l'électricité: [swissgrid.ch/prix-de-electricite](https://www.swissgrid.ch/prix-de-electricite)

Les trajets sont longs

La majorité de l'électricité n'est pas utilisée là où elle est produite. Pour que l'énergie électrique parvienne aux consommatrices et consommateurs, il faut un réseau électrique. Derrière la production, il y a en premier lieu le réseau de transport. Grâce à la très haute tension, il transporte l'électricité sur de grandes distances jusqu'au niveau de réseau suivant ou au-delà de la Suisse. Pour que cela fonctionne sans heurts il faut du savoir-faire, un certain nombre d'infrastructures et une collaboration avec l'Europe.

2200



voitures de tourisme ou 380 tonnes, c'est le poids des 12 lignes câblées souterraines qui ont été enfouies à Bözberg sur une distance de 1300 mètres.

1000

C'est le nombre par lequel il faut diviser la tension de l'électricité acheminée dans le réseau de transport avant que nous puissions l'utiliser à 220 volts chez nous.

6700

kilomètres, c'est la longueur des lignes du réseau de transport. L'infrastructure de ce réseau à très haute tension comprend entre autres 12 000 pylônes de lignes aériennes, 147 postes de couplage et 21 transformateurs.



15 ans

ou plus peuvent s'écouler **entre le lancement d'un projet d'infrastructure** et sa mise en service. Cela est dû aux procédures d'autorisation qui prennent des années, à des oppositions et à des décisions de justice.



700

collaboratrices et collaborateurs de 33 nationalités différentes œuvrent chez Swissgrid pour trouver les meilleures solutions pour le réseau de transport.



Près de 15 minutes

seraient nécessaires pour parcourir à pied la **plus longue distance à vol d'oiseau** entre deux pylônes.



L'humain et la technologie. Malgré toute la technologie, l'humain reste central dans l'exploitation du réseau.

L'électricité est synonyme de prospérité. Le réseau de transport suisse est une épine dorsale importante pour le développement économique et social de la Suisse. Pour que tout fonctionne sans accroc, le personnel de Swissgrid est mobilisé dans toute la Suisse.



La sécurité pour tous. Le réseau de transport est continuellement modernisé.



Ça tourne. La sécurité de l'exploitation du réseau de transport dépend du bon fonctionnement de l'infrastructure.



Une artère vitale à très haute tension.

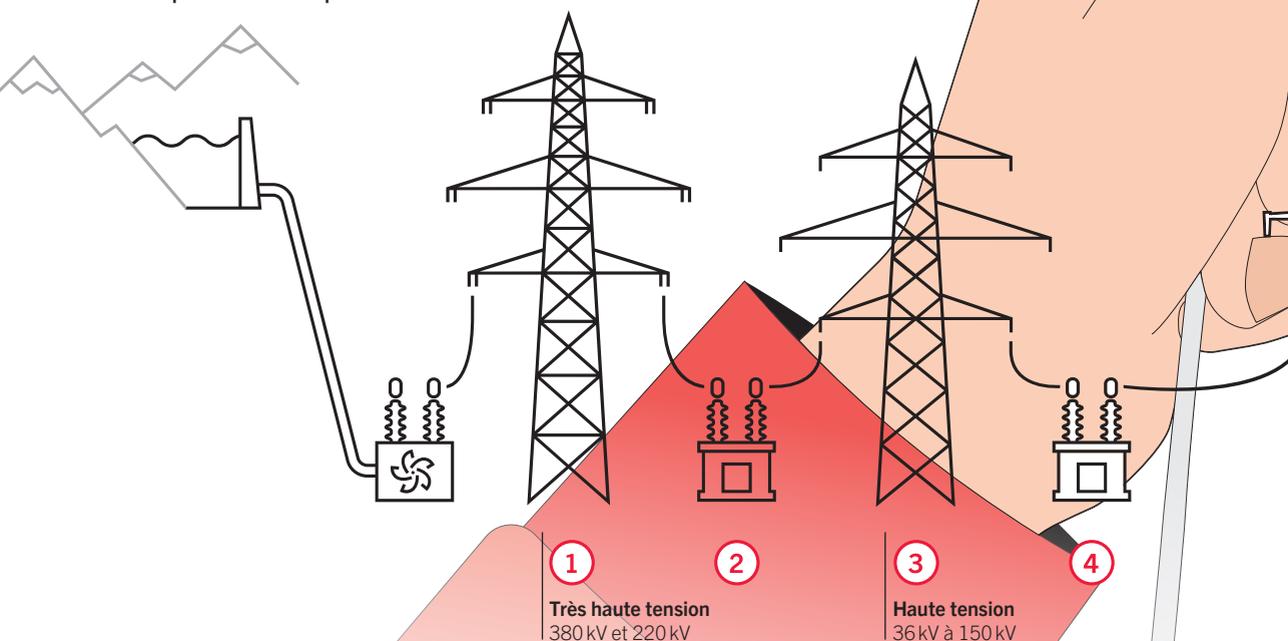
Les collaboratrices et collaborateurs de Swissgrid, dont le nombre s'élève à plus de 700 personnes, travaillent 24 heures sur 24 pour que le réseau de transport suisse continue d'être l'un des plus fiables au monde.



Développer le réseau de transport. Swissgrid planifie dès à présent le réseau de demain.

Sept étapes pour arriver à destination

L'électricité à très haute tension arrive dans le réseau de transport par le biais des centrales électriques et des importations de l'étranger. Pour qu'elle puisse être utilisée à la maison, la tension doit être réduite plusieurs fois en passant par différents niveaux de réseau.



1
Très haute tension
380 kV et 220 kV

2

3

Haute tension
36 kV à 150 kV

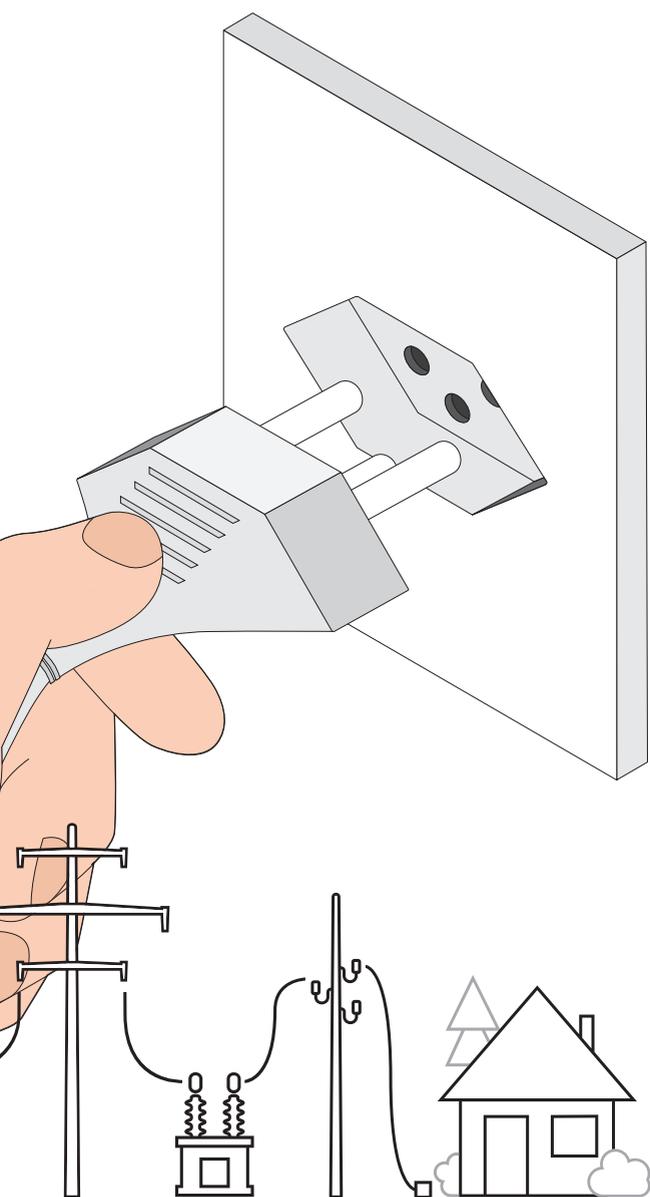
4

Production/importation

L'électricité à très haute tension (380 000 volts = 380 kV ou 220 000 volts = 220 kV) arrive dans le réseau de transport par le biais des centrales électriques et des importations de l'étranger.

Le réseau électrique

On distingue sept niveaux dans le réseau électrique: quatre (très haute tension, haute tension, moyenne tension, basse tension) servent au transport; la modification de la tension par le biais de transformateurs s'effectue sur les trois autres.



Le chemin est long

En Suisse, le réseau électrique s'étend sur plus de 250 000 kilomètres – avec toutes ses lignes, on pourrait faire environ six fois le tour de la Terre. Il est structuré en 7 niveaux qui assurent l'acheminement de l'électricité des centrales électriques jusqu'au consommateur. Les niveaux ①, ③, ⑤ et ⑦ servent au transport de l'énergie électrique. Sur les niveaux ②, ④ et ⑥, le courant est transformé à chaque fois à un niveau de tension inférieur. Le schéma est donc simple: distribution, transformation, distribution, etc.

Immédiatement après la production dans les grandes centrales, l'électricité est injectée dans le premier niveau de réseau, le réseau à très haute tension. Celui-ci est conçu pour le transport de grandes quantités d'énergie sur de longues distances. Outre le transport national, il permet également d'exporter et d'importer de l'énergie. Parallèlement, le réseau de transport joue un rôle important dans le transport transfrontalier du courant en Europe.

Les niveaux de réseau 2 à 7 qui suivent se chargent de la distribution suprarégionale, régionale et locale de l'électricité jusqu'à la prise de courant ainsi que de la transformation nécessaire. Jusqu'à ce que l'électricité parvienne aux consommatrices et consommateurs, divers gestionnaires de réseau travaillent main dans la main à tous les niveaux.

⑤

Moyenne tension
1 kV à 36 kV

⑥

Basse tension
jusqu'à 1 kV

⑦

Consommation

Pour que le courant parvienne jusqu'à notre prise électrique, il faut diviser la tension par 1000 (de 380 000 volts ou 220 000 volts à 400 ou 230 volts).

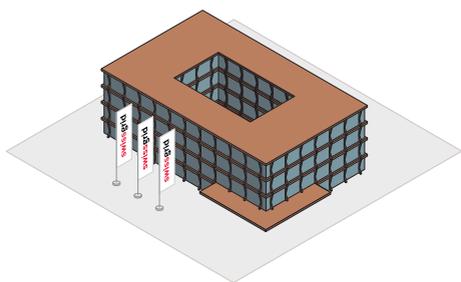
Outre la distribution et la transformation de l'énergie électrique, le réseau joue un autre rôle important, en rapport avec la transition énergétique. Il constitue le lien avec des réservoirs d'énergie de différents types. Ces derniers servent à amortir les fluctuations engendrées par la production d'énergies renouvelables.



En savoir plus:
[swissgrid.ch/niveauxdereseau](https://www.swissgrid.ch/niveauxdereseau)

Les installations essentielles au réseau

Pour que le réseau de transport fonctionne sans problème, il faut une infrastructure sophistiquée et parfaitement adaptée, composée de différents éléments centraux.



Centres de conduite du réseau

Centres de conduite d'Aarau et de Prilly

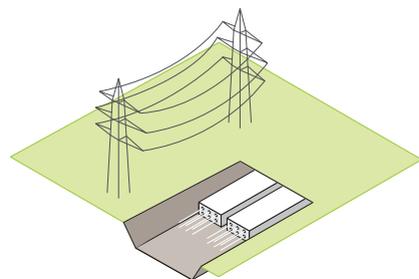
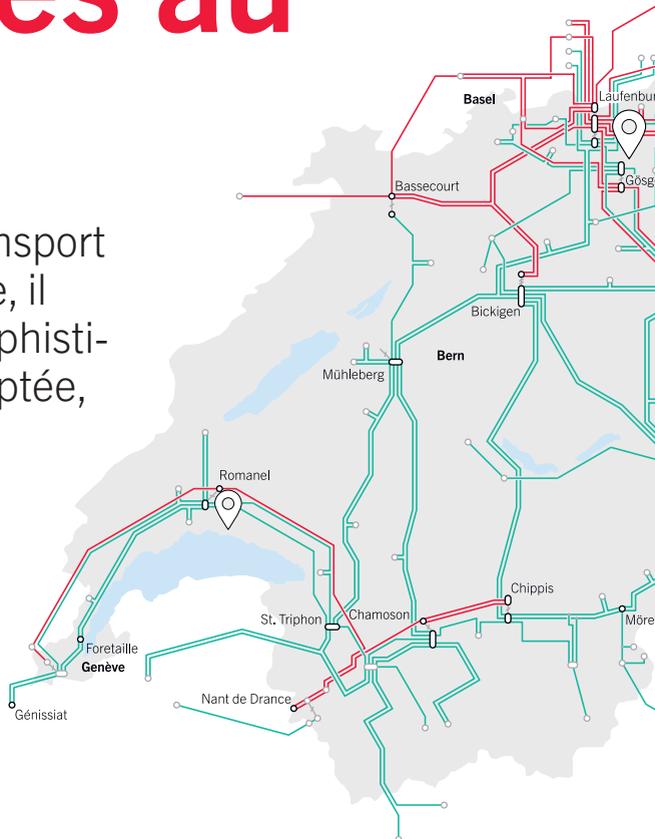
Les deux centres de conduite du réseau de Swissgrid situés à Aarau et à Prilly constituent le cœur du réseau de transport suisse. Le personnel y surveille le réseau 24 heures sur 24. Il veille à ce que l'équilibre entre la production et la consommation soit conservé en permanence et à ce que l'électricité soit transportée en toute sécurité.

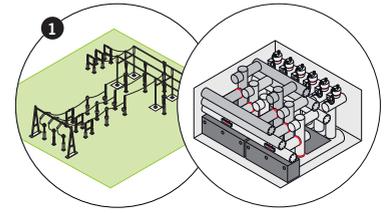
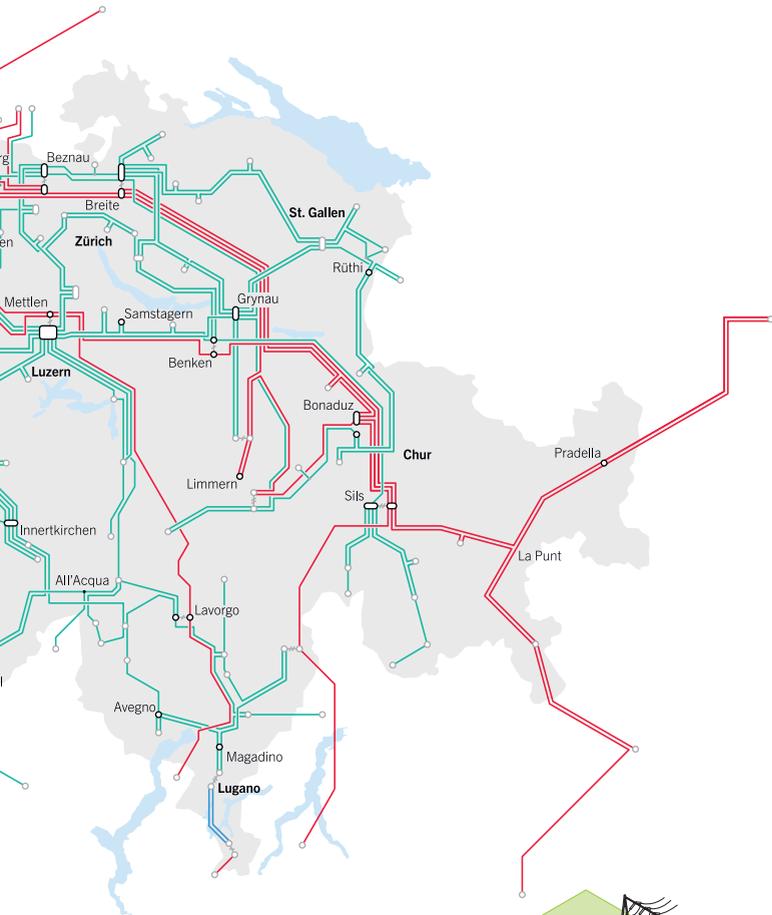
Lignes à très haute tension

- Lignes de 220 kV
- Lignes de 380 kV
- Lignes de 150 kV

Le réseau de transport se compose de lignes de 380 et 220 kV, d'une longueur totale de 6700 kilomètres. Il comprend en outre 12 000 pylônes électriques et est relié au réseau interconnecté européen par 41 lignes. Les lignes de 380 kV servent à l'importation et à l'exportation, tandis

que les grandes centrales suisses injectent leur énergie dans le réseau de 220 kV. Au niveau de la très haute tension, l'électricité est en grande partie transportée par des lignes aériennes. À chaque extension du réseau, Swissgrid examine la possibilité d'utiliser des lignes câblées souterraines.

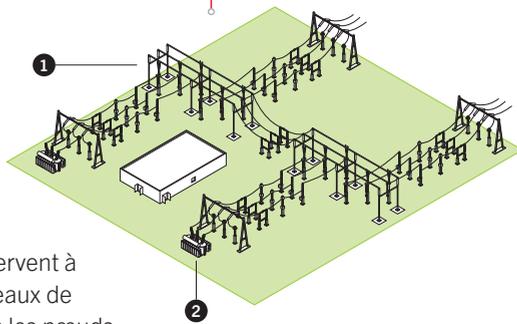




Postes de couplage

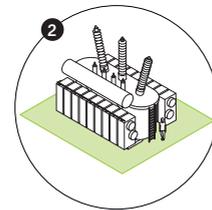
— Postes de couplage

Les lignes sont reliées entre elles dans les 147 postes de couplage de Swissgrid. En effectuant des manœuvres, le personnel du centre de conduite du réseau déconnecte ou connecte des lignes et influence ainsi les flux d'énergie. Cela permet d'éviter les surcharges et de déconnecter des lignes pour les travaux de révision. Outre les vastes postes de couplage en plein air, il existe des postes isolés au gaz qui n'occupent qu'une surface minimale.



Sous-stations

Les sous-stations servent à relier différents niveaux de réseau et sont donc les nœuds du réseau de transport. Les 125 sous-stations de Swissgrid abritent des postes de couplage, et parfois des transformateurs et la technique de protection et de contrôle-commande des installations.



Transformateurs

○ Transformateurs

Les 24 transformateurs de Swissgrid relient le réseau de 380 kV au réseau de 220 kV. Ils permettent de réduire ou d'augmenter la tension du réseau.



Il suffit de jeter un coup d'œil au **centre de conduite du réseau** pour comprendre que le réseau de transport est hautement technicisé.

C'est là que tout converge

Les centres de conduite du réseau de Swissgrid sont les centres de pilotage du réseau de transport. En bref, leur tâche consiste à veiller à ce que l'électricité soit transportée et distribuée dans toutes les régions du pays et au-delà des frontières nationales. Pour cela, c'est un ensemble complexe de rouages parfaitement imbriqués qui se met en branle.

Tout se déroule comme prévu

Une planification prévoyante est la condition la plus importante pour une exploitation sans faille du réseau. C'est plus d'un an à l'avance que les spécialistes du centre de conduite établissent les premières prévisions. Pour simuler la charge attendue pour le réseau de transport, ils utilisent un modèle de réseau. Celui-ci prend par exemple en compte les réparations de centrales électriques ou les révisions de lignes.

La planification de l'exploitation du réseau est alors affinée en continu. La situation de réseau attendue est régulièrement recalculée, à savoir un mois, une semaine et deux jours avant l'exploitation en temps réel. Les programmes prévisionnels des centrales et des négociants sont intégrés la veille. Ils prennent en compte toutes les fournitures d'électricité nationales et transfrontalières. La gestion des programmes prévisionnels assure en outre l'équilibre entre la production et la consommation. C'est la condition préalable pour garantir l'exploitation sûre et stable du réseau à une fréquence constante de 50 hertz.

Les centres de conduite du réseau d'Aarau et de Prilly constituent le cœur du réseau de transport suisse. Le personnel y travaille 24 heures sur 24 afin d'assurer la stabilité et la disponibilité du réseau.

Quand il le faut

Lors de l'exploitation du réseau en temps réel, la tâche principale du personnel est de veiller à ce que la fréquence soit toujours à 50 hertz. Si des fluctuations imprévues surviennent, ils ont recours à l'énergie de réglage. Il s'agit d'une réserve qui, en fonction de la situation, permet d'injecter de l'électricité dans le réseau ou d'en prélever.

Les spécialistes protègent également le réseau contre les charges excessives. Si le système de conduite assisté par ordinateur signale un dépassement des valeurs limites, ils prennent des mesures compensatoires. Par exemple, si une ligne est menacée de surcharge, le personnel influence les flux de charge dans le réseau en effectuant ce que l'on appelle des « manœuvres ». Pour ce faire, les lignes sont déconnectées dans les postes de couplage, ou le flux d'électricité est adapté grâce aux transformateurs. De telles

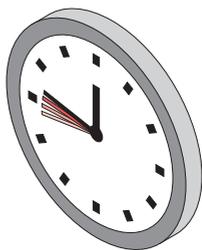


Les échanges personnels restent importants malgré toute la technologie.

Bon à savoir

Elle commande l'horloge des fours

De nombreuses horloges d'appareils électriques ne génèrent pas elles-mêmes d'impulsions. C'est la fréquence standard du réseau électrique qui leur indique quand une seconde est écoulée. Si cette fréquence reste par exemple sous la barre des 50 hertz définis pendant une période prolongée, les horloges prennent du retard.



manœuvres ont également lieu lorsque des travaux planifiés doivent être réalisés sur une ligne ou un transformateur.

Le personnel des centres de conduite a également la possibilité d'effectuer un redispatch en cas de risque de surcharge. Pour ce faire, on ordonne à certaines centrales électriques de réduire leur production et à d'autres d'augmenter leur injection. Globalement, la même quantité d'énergie est injectée dans le réseau, mais sa répartition géographique est différente. La charge de la ligne compromise est ainsi réduite.

Interconnexion avec l'Europe

L'exploitation du réseau est un travail qui dépasse les frontières. Swissgrid se charge de la planification prévisionnelle et de la surveillance du réseau en collaboration avec les gestionnaires de réseau à l'étranger. Des contrôles permanents sont effectués pour vérifier si le réseau et les lignes transfrontalières peuvent transporter les quantités d'énergie prévues, où se situent les congestions et si des mesures de réglage sont nécessaires.



En savoir plus:
[swissgrid.ch/gestion](https://www.swissgrid.ch/gestion)

Une pénurie n'est pas un black-out

Lorsqu'il est question de menaces pour l'approvisionnement en électricité, on entend souvent parler de black-out. Or, les pénuries d'électricité peuvent aussi avoir des conséquences graves.

Un black-out est généralement la conséquence d'une cascade ou d'un effondrement de la fréquence. Si, par exemple, une sous-station ou une ligne à très haute tension tombe en panne en raison d'un phénomène naturel, cela peut entraîner la surcharge d'autres éléments et déclencher une réaction en chaîne, appelée « cascade ». Par des manœuvres, les gestionnaires de réseau tentent d'isoler le réseau concerné par la perturbation et de stopper la cascade.

Si la défaillance touche une très grande centrale électrique, il y a un risque d'effondrement de la fréquence. Dans un tel cas, il y a de grands écarts par rapport à la fréquence standard du réseau électrique (50 hertz). Dans le pire des cas, le réseau risque de s'effondrer complètement, raison pour laquelle les gestionnaires de réseau tentent de stabiliser la fréquence à temps en recourant à l'énergie de réglage. Pour éviter les black-out, Swissgrid mise sur la prévention. Il s'agit par exemple de surveiller et d'analyser en permanence le réseau électrique, ou encore d'établir un concept de gestion de crise et des plans d'urgence.

Une pénurie d'électricité

En cas de black-out, il y a donc suffisamment de courant dans le système, mais le transport est interrompu. Il n'en va pas de même pour une pénurie d'électricité: dans ce cas, la demande en électricité ne peut plus être satisfaite. En été, le risque est faible, car la Suisse peut couvrir ses besoins. Mais en hiver, le risque augmente, la Suisse étant généralement dépendante des importations pendant la saison froide.

Si une situation de pénurie d'électricité se produit effectivement, la Confédération ordonne des mesures visant à assurer l'équilibre entre la production et la consommation à un niveau réduit.

Développer le réseau et l'interconnexion

Pour que l'approvisionnement en électricité soit garanti tout au long de l'année, différentes mesures sont nécessaires. Il s'agit notamment de procédures d'autorisation plus rapides pour l'extension et la construction de l'infrastructure de réseau, ainsi que d'incitations à développer la production d'électricité nationale. Un accord sur l'électricité avec l'UE est tout aussi nécessaire. L'interconnexion avec l'Europe est un facteur important de la sécurité de l'approvisionnement en électricité de la Suisse.

Au service du réseau



Pour que le réseau de transport fonctionne parfaitement, il est entretenu, modernisé ou étendu. Cela exige de la part des spécialistes des compétences en matière de planification et de mise en œuvre.

Swissgrid est responsable de la planification, du remplacement et de l'extension de l'ensemble de l'infrastructure du réseau de transport. Cela ne signifie pas forcément plus de lignes. Il s'agit surtout de modernisation ciblée et de démantèlement.

La préparation fait tout

Avant de lancer un projet de réseau approuvé, les responsables comme Stefanie Baumann réalisent une étude préliminaire. S'il s'agit, par exemple, de la maintenance d'une installation, elle fait l'inventaire des travaux nécessaires et se consulte avec les personnes concernées sur place. De même, Stefanie Baumann est responsable d'un logiciel de planification qui soutient les cheffes et chefs de projet et les responsables d'installation dans leur travail et permet d'obtenir un rapport de situation sur tous les projets de réseau de Swissgrid.

À gauche: **Stefanie Baumann** garde toujours un œil sur les projets de réseau et soutient les responsables de projets et d'installations dans la planification des constructions.

En haut: **Robert Widmer** gère des projets de réseau, ce qui comprend à la fois leur planification stratégique et l'inspection des travaux de construction.

En bas: Pour que les sous-stations du réseau soit toujours fonctionnelles, **Romano Rè** planifie la maintenance et se déplace souvent.

Garantir la qualité

Une fois les études préliminaires réalisées, les cheffes et chefs de projet comme Robert Widmer prennent le relais. Ce dernier accompagne les projets depuis l'étude de faisabilité jusqu'à leur transfert dans l'exploitation du réseau. Actuellement, il gère sept projets en même temps et s'occupe des calendriers, des coûts et de la gestion de la qualité. Pour que tout se déroule le mieux possible, il est notamment en contact avec les chefs de chantier, les communes ou la population locale.

Voici comment tout se passe

Si une infrastructure comme une sous-station est en service, Romano Rè, par exemple, s'occupe de l'entretien ou de la gestion des perturbations. Il est responsable de nombreuses sous-stations au Tessin. Il planifie les travaux et passe du temps sur place pour coordonner les prestataires de services ou faire des visites d'inspection. Pour que Romano Rè soit toujours à la pointe de la technologie, la formation continue joue un rôle important dans son travail quotidien.

Bon à savoir

La planification et la mise en œuvre de projets de réseau nécessitent du temps. La **procédure d'autorisation et d'approbation** des

nouveaux projets s'étend sur six phases et nécessite l'implication de diverses parties prenantes. Le choix du lieu de construction et de la technologie à utiliser revient aux autorités.



Rendre l'énergie hydraulique valaisanne exploitable

Le canton du Valais est le plus grand producteur d'énergie hydraulique. Pour transporter toute l'électricité qui y est produite, il faut de nouvelles lignes de 380 kV.



En savoir plus:
swissgrid.ch/chamoson-chippis



Du courant pour la Suisse et l'Europe

Le Valais est riche en énergie hydraulique, la Suisse en profite pour produire de l'électricité sur son territoire. Cependant, pour que tout le courant produit dans le canton puisse être acheminé, le réseau de transport doit être modernisé et étendu.

Réduire grâce au regroupement

En septembre 2022, la ligne à très haute tension Chamoson – Chippis a été mise en service. C'est une étape majeure, franchie après 32 ans d'études et de procédures et quatre ans de travaux. La ligne permet d'augmenter les capacités de transport d'énergie électrique et relie le Valais au réseau à très haute tension suisse et européen.

Sur 30 kilomètres, la ligne fait passer quatre tensions sur les mêmes pylônes: 380 kV, 220 kV et 65 kV entre Chamoson et Aproz, et 132 kV pour les CFF entre Chamoson et St-Léonard. Grâce à ce regroupement de lignes, les lignes électriques existantes pourront être démantelées à partir de 2023. D'ici 2027, il est prévu de supprimer 90 km de lignes aériennes et 322 pylônes dans la plaine du Rhône.

Le développement doit se poursuivre

La mise en service de la ligne Chamoson – Chippis n'est qu'une première étape. En Valais, plusieurs projets de construction et d'adaptation de lignes à très haute tension sont en cours. Leur réalisation permettra, après Chamoson – Chippis, de renforcer davantage la sécurité d'approvisionnement en Suisse. En outre, ces projets apportent une contribution importante à la transition énergétique, dans laquelle l'énergie hydraulique joue un rôle central.

L'électricité n'est pas invisible

Pour que l'électricité parvienne jusqu'aux consommateurs, il faut une infrastructure. Pour Swissgrid, la priorité est d'en limiter l'impact sur l'homme et l'environnement.

Champs et valeurs limites

Des champs électriques et magnétiques apparaissent partout où l'électricité est produite, transportée et utilisée; seule leur ampleur varie. On parle familièrement d'« électrosmog ».

La portée des **champs électriques** est assez faible pour que les vêtements et la peau les empêchent en grande partie de pénétrer dans le corps. Les champs magnétiques créés par le courant alternatif, lors du transport de l'électricité par exemple, peuvent par contre provoquer des tensions électriques dans

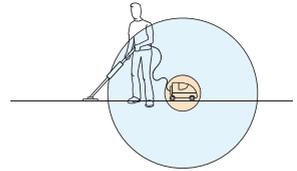
notre corps et affecter ses processus. Pour éviter tout risque pour la santé, la Suisse applique des valeurs limites parmi les plus strictes au monde.

Champs magnétiques

La valeur limite d'immission pour les champs magnétiques protège contre tous les problèmes de santé scientifiquement reconnus et s'applique partout où des personnes pourraient se trouver. La loi sur la protection de l'environnement exige en outre de protéger la population contre les risques encore non prouvés, mais envisageables. C'est le but de la valeur limite de l'installation.

Elle s'applique partout où les personnes restent longtemps, que ce soit dans une chambre, un salon, une école, une aire de jeux ou à proximité des lignes de transport.

Bon à savoir

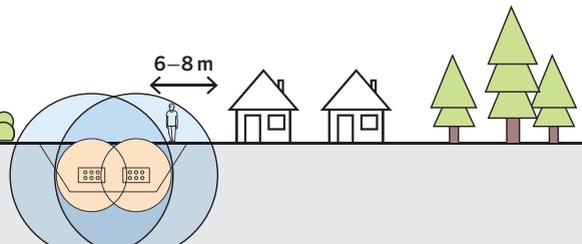
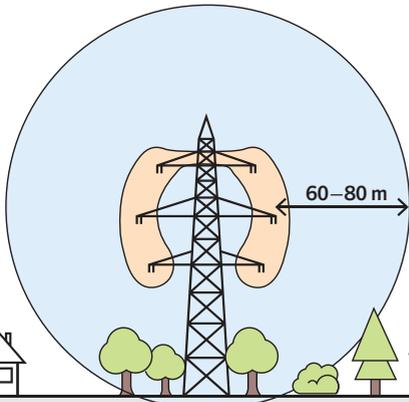


Un appareil est sous tension dès qu'il est branché à la prise de courant. Le champ électrique existe même si l'appareil reste éteint et qu'aucun courant ne circule.

Champs magnétiques

La valeur limite de l'installation est respectée à partir d'une distance latérale d'environ 6 à 8 m pour les lignes câblées souterraines et de 60 à 80 m pour les lignes aériennes.

- valeur limite de l'installation (1 microtesla)
- valeur limite d'immission (100 microtesla)



Un grésillement dans l'air

Dans le cas des lignes aériennes, de petites décharges électriques se produisent en permanence dans l'air, ce qui génère des bruits. L'oreille humaine les perçoit comme un grésillement ou un bourdonnement. Les câbles souterrains eux-mêmes ne produisent pas d'immission de bruit, à la différence des infrastructures associées, comme les stations aéro-souterraines ou les installations de compensation.

L'Ordonnance suisse sur la protection contre le bruit définit différentes valeurs limites en décibels (dB) afin de protéger la population contre tout bruit incommode, voire néfaste. Celles-ci se basent sur quatre degrés de sensibilité et sur l'heure de la journée.

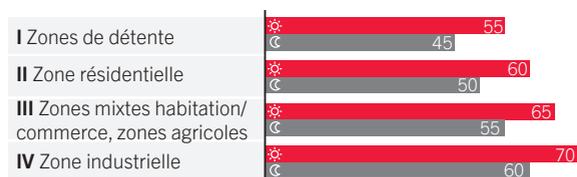
Bon à savoir

Une **ligne aérienne** génère, selon l'humidité de l'air, un niveau sonore de

40 à 50 dB.

Cela correspond au bruit de fond dans une bibliothèque calme.

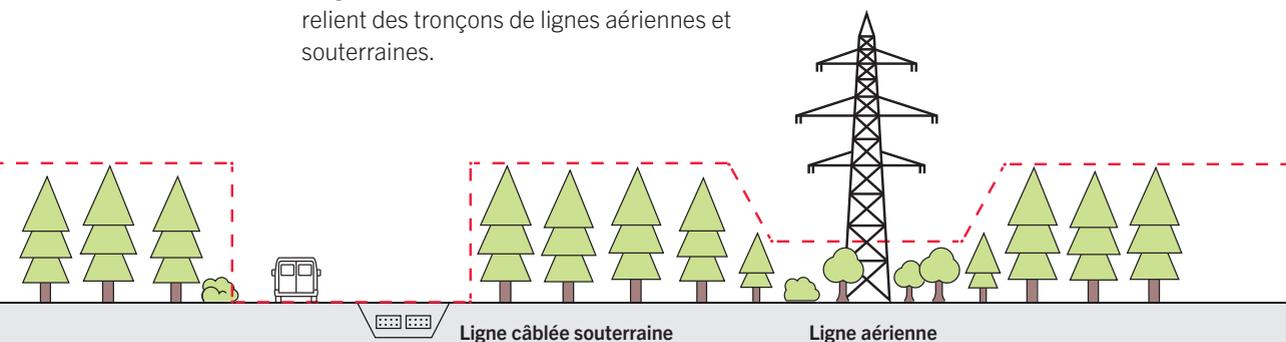
Valeurs limites de jour et de nuit en décibels (dB)



Un paysage modifié

L'infrastructure du réseau de transport doit perturber le moins possible le paysage. C'est un défi pour les pylônes des lignes aériennes. Le terrain limite les possibilités et n'offre souvent qu'un faible potentiel d'optimisation. Dans le cas des lignes câblées souterraines, l'infrastructure est certes enfouie en grande partie, mais elle n'est pas totalement invisible. Par exemple, de grandes stations aéro-souterraines relient des tronçons de lignes aériennes et souterraines.

Les routes d'accès et les tranchées en forêt sont des atteintes visibles au paysage. Les zones défrichées lors de leur construction peuvent être reboisées après la fin des travaux. Toutefois, pour des raisons de sécurité, il est nécessaire de maintenir des zones libres où seuls des arbres à basse tige peuvent être plantés.



Les abeilles sauvages sous tension



Le long des tracés des lignes aériennes et dans les sous-stations, on ne trouve, pour des raisons de sécurité, que de la flore de petite taille. Cet environnement offre des conditions de vie idéales pour des espèces animales et végétales menacées.



En savoir plus:
[swissgrid.ch/blog](https://www.swissgrid.ch/blog)



Jeannine Suremann
Grid Project Engineer

Les lignes électriques et les sous-stations ne semblent pas, à première vue, être un havre de biodiversité. Pourtant, avec leurs zones sablonneuses et rocheuses à maintenir libres, elles offrent en de nombreux endroits des conditions parfaites pour des espèces animales et végétales menacées. Cela profite, par exemple, à de nombreuses espèces d'abeilles sauvages indigènes. Elles nichent dans des galeries qu'elles creusent elles-mêmes dans le sol et ont besoin de sols sablonneux exposés au soleil. Pour favoriser de manière efficace ces habitats et leur flore, source de nourriture, il suffit souvent d'adapter le moment de la fauche.

Les abeilles sauvages sous-estimées

Les abeilles sauvages vivent dans l'ombre des abeilles mellifères. Il existe pourtant plus de 16 000 espèces d'abeilles dans le monde, dont plus de 600 sont présentes en Suisse. Cette richesse en espèces est peu connue et s'explique par le fait que les abeilles sauvages ne sont pas utilisées pour la production de miel.

Les abeilles sauvages sont également plus discrètes que les abeilles mellifères qui forment des colonies, car la plupart d'entre elles vivent en solitaire. Durant leur courte vie, les abeilles sauvages construisent un nid, s'occupent de leurs larves et sont en général étroitement liées aux fleurs de certaines plantes. Plus d'un tiers des espèces d'abeilles de Suisse récoltent du pollen provenant exclusivement d'une espèce ou

« Pour enrayer le déclin des populations d'abeilles sauvages, il faut créer un maximum d'habitats présentant une grande diversité de plantes et de possibilités de nidification. »

famille végétale. Elles ne peuvent exister que là où de telles fleurs sont disponibles en abondance.

Agir pour la biodiversité

Les prairies maigres, avec leurs nombreuses espèces végétales, constitueraient un habitat idéal, mais sont devenues rares en Suisse. La diversité et la fréquence d'apparition des espèces d'abeilles sauvages, mais aussi d'autres insectes, ont considérablement diminué faute de nourriture et de conditions de nidification suffisantes. Les abeilles sauvages jouent pourtant un rôle clé pour la biodiversité, car elles permettent la reproduction des plantes sauvages et des plantes cultivées.

L'une des mesures adoptées par Swissgrid consiste à ne faucher

les espaces verts – tels que les prairies maigres – situés le long des lignes électriques et près des sous-stations, qu'après la mi-juin ou la floraison. Intervenir plus tard et moins souvent permet de développer un habitat offrant suffisamment de nourriture et de lieux de refuge.

Ainsi, on freine l'embroussaillage là où c'est nécessaire. D'autres mesures concernent la protection ou la promotion des îlots de sable et de pierre, afin que les abeilles sauvages disposent de suffisamment de lieux de nidification. Les pierres concassées ou entassées conviennent également et offrent aussi un abri aux belettes et à d'autres espèces animales de plus grande taille.



Îlots de sable et de pierre dans la sous-station de Gösgen

Parfois, les secondes comptent

S'il y a un déséquilibre dans le réseau de transport, des mesures compensatoires deviennent nécessaires. Comme Swissgrid ne produit pas elle-même d'électricité, celle-ci est achetée sur différents marchés.

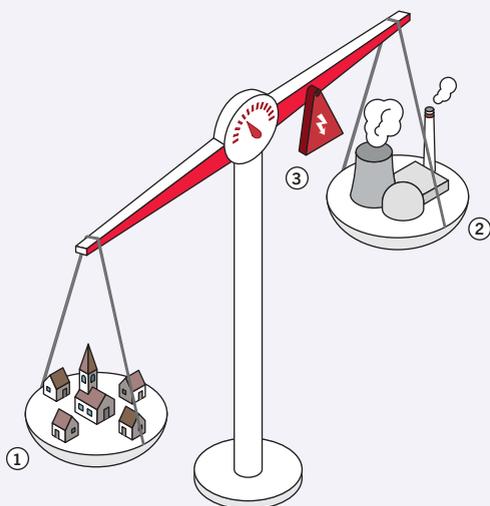
Pour que le réseau de transport soit stable, la quantité d'électricité produite et consommée doit être identique. Ce n'est qu'ainsi que l'approvisionnement peut avoir lieu à une fréquence de 50 hertz. Mais cette fréquence fluctue. Si la consommation est supérieure à la production, la fréquence descend en dessous de 50 hertz. Dans le cas inverse, la fréquence passe au-dessus.

Il est normal d'avoir des écarts

Les fluctuations entre la production et les besoins font partie du quotidien: les conditions météorologiques peuvent accroître ou réduire la demande, et la consommation du secteur économique peut baisser le week-end. Swissgrid tient compte de ces changements dans sa planification courante de l'exploitation du réseau. En cas de déséquilibres imprévus, comme une défaillance de centrale électrique ou de ligne, il faut agir rapidement. En quelques secondes, il faut injecter plus d'énergie électrique dans le réseau ou réduire la production. Pour que cela soit possible, on a recours à l'énergie de réglage. Il s'agit d'une réserve que les centrales électriques nationales et étrangères maintiennent pour une utilisation à court terme en cas de besoin.

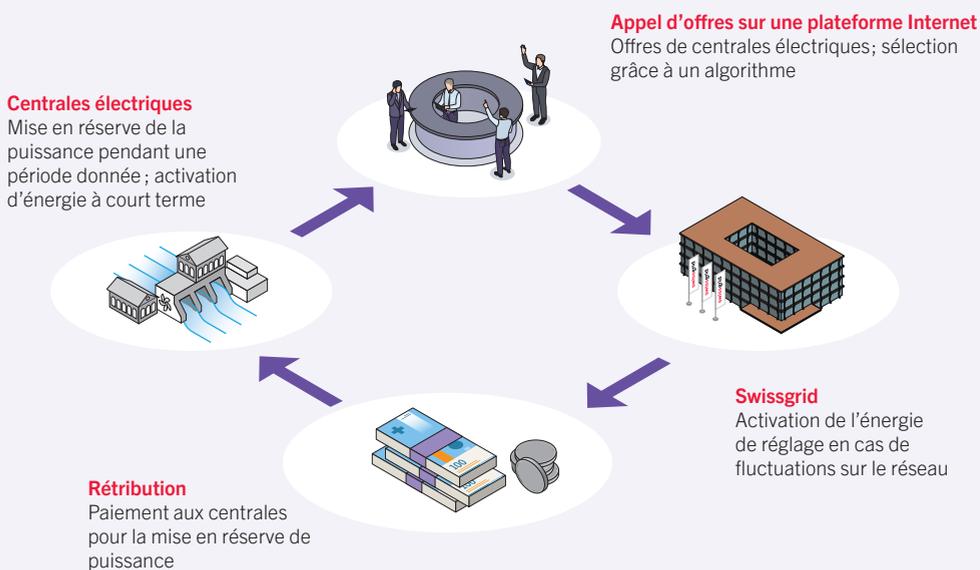
Pour utiliser l'énergie de réglage, les gestionnaires de réseau de transport européens procèdent en trois étapes: quelques secondes après un incident, comme la défaillance d'une centrale électrique, on sollicite d'abord automatiquement les réserves de réglage primaires. Au bout de

Créer un équilibre



La fréquence du réseau peut être inférieure à 50 hertz si la consommation (1) est supérieure à la production (2). Grâce à l'énergie de réglage (3), l'équilibre est rétabli.

Acquisition de réserves de réglage et rétribution



quelques minutes, elles sont remplacées – également automatiquement – par les réserves de réglage secondaires. Si le déséquilibre entre production et consommation n'est pas résolu au bout de quinze minutes, le centre de conduite du réseau peut activer manuellement des réserves tertiaires.

Marchés propres pour les réserves de réglage

Swissgrid demande aux centrales électriques de constituer une réserve de réglage afin qu'elle soit disponible à tout moment. Swissgrid achète ces trois produits de réglage de la fréquence sur des marchés mis en place précisément à cette fin: la puissance nécessaire fait l'objet d'appels d'offres sur des plateformes Internet. Les centrales électriques y proposent leur offre à un certain prix. Si l'une d'entre elles reçoit l'adjudication, elle doit mettre

en réserve la puissance proposée pendant une période donnée. Swissgrid l'indemnise pour ce service. Les centrales électriques reçoivent une autre indemnisation s'il faut utiliser de l'énergie de réglage secondaire et tertiaire.

Contribuer à façonner le marché

Swissgrid participe activement au développement des marchés concernés, par exemple en rendant plus efficaces les appels d'offres pour l'acquisition de l'énergie de réglage en Suisse et à l'étranger. Ou en proposant des solutions de produits et des mécanismes de prix qui permettent aux centrales hydroélectriques de mieux commercialiser leur grande flexibilité dans la production d'électricité.



En savoir plus:

[swissgrid.ch/puissancedereglage](https://www.swissgrid.ch/puissancedereglage)



« Swissgrid devient une entreprise numérisée. »

Un entretien sur la Stratégie 2027 avec Adrian Bult, président du Conseil d'administration.

Le système énergétique, et donc le réseau de transport, est en pleine mutation. Swissgrid aborde les défis qui en découlent de manière stratégique et contribue ainsi substantiellement à la stratégie énergétique de la Suisse.

« Crise énergétique » est un terme qui a marqué l'année 2022. Adrian Bult, de quelle façon Swissgrid a-t-elle été touchée par cette crise ?

À court terme, il s'agissait d'assurer l'approvisionnement de la Suisse en électricité durant l'hiver. Swissgrid, comme tous les autres acteurs du système électrique, a rapidement mis en œuvre les mesures nécessaires. Cette capacité à réagir de manière pragmatique à une situation de crise ne doit cependant pas nous faire oublier que nous devons faire plus que simplement nous attaquer à des problèmes graves.

Afin de garantir la sécurité d'approvisionnement à long terme et de contribuer à la mise en œuvre de la stratégie énergétique de la Confédération, Swissgrid applique un large éventail de mesures. Il s'agit notamment d'activités bien visibles comme la modernisation des infrastructures. Mais il se passe bien plus de choses en arrière-plan: Swissgrid met elle-même en place des plateformes de marché et cherche des solutions pour intégrer de manière rentable les sources d'énergie renouvelables dans le système. De même, nous nous engageons fortement à assurer la coopération avec nos partenaires européens.

Cette coopération est-elle menacée ?

Actuellement, il n'existe entre la Suisse et l'UE aucun accord sur l'électricité. En conséquence, la Suisse est exclue de tous les organes européens pertinents et n'est plus impliquée dans les différents processus de coordination. Pourtant, nous constituons une partie centrale du réseau interconnecté d'Europe continentale en raison des 41 liaisons du réseau de transport suisse avec des réseaux étrangers. Le manque de possibilités de participation a des conséquences négatives sur la stabilité du réseau et la sécurité de l'approvisionnement. Pour les atténuer, Swissgrid négocie actuellement des accords techniques avec des gestionnaires de réseau de transport européens.

Outre ces défis, le système énergétique est fondamentalement en train de changer.

Qu'est-ce que cela signifie pour l'approvisionnement en électricité ?

Dans le cadre de la transformation du système énergétique, l'accent est mis sur les énergies renouvelables telles que le soleil, le vent, l'eau, la biomasse ou la géothermie. Ces ressources s'accompagnent de modèles de production très changeants et de flux d'électricité volatils, ce qui accroît considérablement la complexité et la volatilité du système. Le réseau électrique devra donc à l'avenir relever des défis supplémentaires en matière de production, d'injection, de distribution et de stockage de l'électricité.

Ces défis sont exacerbés par un déficit énergétique structurel en Suisse: nous sommes dépendants des importations d'électricité en hiver, alors que le passage aux énergies renouvelables ainsi que le développement du réseau n'avancent que lentement. Pour Swissgrid, qui est un maillon important entre la production et la consommation, cela signifie qu'il faut s'intéresser de près aux mesures permettant de gérer cette nouvelle complexité.

Comment Swissgrid se prépare-t-elle au changement ?

Lorsque nous parlons de changement, il convient de considérer deux aspects. Le premier concerne

« Le réseau électrique devra donc à l'avenir relever des défis supplémentaires en matière de production, d'injection, de distribution et de stockage de l'électricité. »

Swissgrid en tant qu'entreprise. Au cours des dix dernières années, nous n'avons pas arrêté de changer. Le changement est donc un processus continu: depuis qu'elle a repris l'exploitation du réseau en 2009, Swissgrid joue un rôle central dans le système électrique, assume sans cesse de nouvelles tâches et oriente son organisation vers l'avenir.

Le deuxième aspect central du changement est le réseau de transport. En tant que gestionnaire du réseau de transport, Swissgrid doit développer avec prévoyance et moderniser en permanence l'infrastructure et les prestations de services liées au réseau.

L'évolution de Swissgrid en tant qu'organisation et celle de l'exploitation du réseau sont interdépendantes. C'est pourquoi nous élaborons tous les cinq ans un document stratégique qui lie tous ces éléments. Cette stratégie tournée vers l'avenir permet à Swissgrid d'anticiper activement les évolutions et de s'y préparer.

Que contient concrètement la stratégie ?

Dans notre Stratégie 2027, que le Conseil d'administration a approuvée l'année dernière, nous définissons cinq axes prioritaires pour contribuer à façonner l'avenir énergétique. En quelques mots, il s'agit de

la sécurité d'approvisionnement, de l'infrastructure de réseau, de l'innovation numérique, du développement de l'entreprise et de la résilience.

Pourriez-vous expliquer ces mots-clés de manière plus détaillée ?

Comme nous l'avons déjà dit, la Suisse ne peut garantir la **sécurité d'approvisionnement** en électricité qu'en s'associant à l'Europe. Nos efforts à cet égard constituent un pas dans la bonne direction, car un accord avec l'UE reste l'objectif ultime pour Swissgrid. L'accent est également mis sur la modernisation de **l'infrastructure de réseau**. La transformation du système énergétique ne pourra réussir que si les réseaux s'adaptent aux nouvelles exigences. Une réalisation et une gestion plus efficaces ainsi qu'une disponibilité et une capacité optimales du réseau constituent des points clés à cet égard. Dans ce contexte, les solutions numériques jouent un rôle décisif.

Où en est Swissgrid en matière de transformation numérique ?

Swissgrid va devenir une entreprise numérisée. Cela est d'ailleurs inscrit dans la Stratégie 2027. Sans la **numérisation**, nous ne pourrions pas gérer la complexité future du système énergétique. Qu'il s'agisse de mesures de construction, de la pilotabilité du réseau ou de mesures automatisées en cas de flux d'électricité non planifiés en provenance de pays de l'UE, nous devons créer les conditions nécessaires en matière de technologie et de données. Pour cela, nous allons également faire appel à un réseau d'innovation composé de partenaires externes.



Portrait
Adrian Bult

Adrian Bult est membre du Conseil d'administration de Swissgrid depuis 2006 et son président depuis 2012. De 2007 à 2012, il était membre de la Direction (COO) d'Avaloq Evolution AG. Jusqu'en 2007, il a assumé différentes fonctions de direction au sein des PTT/Swisscom, la dernière étant celle de CEO de Swisscom Mobile. Auparavant, il était membre de la Direction d'IBM Suisse.

Contribuer à façonner l'avenir énergétique avec la Stratégie 2027

La numérisation présente des opportunités, mais aussi des risques. Comment Swissgrid se prépare-t-elle à ces derniers ?

Le réseau de transport ainsi que l'ensemble du réseau électrique font partie des infrastructures critiques de Suisse. C'est pourquoi nous analysons en permanence les conditions-cadres. Face à des dangers tels que les crises énergétiques, le changement climatique, les pandémies ou la cybercriminalité, il faut un niveau élevé de protection et de préparation. Swissgrid doit avoir **une organisation et une infrastructure résilientes** et s'adapter en permanence à l'évolution des exigences en matière de dispositif de sécurité, de préparation aux situations d'urgence, de gestion des crises et de gestion de la continuité de l'exploitation.

Que signifient tous ces changements pour Swissgrid en tant qu'entreprise ?

La mise en œuvre des conditions techniques et des solutions correspondantes ne sert à rien si Swissgrid ne peut pas réunir les **compétences pertinentes au sein de l'entreprise**. Ces compétences sont à présent identifiées et leur développement est favorisé dans le cadre des formations continues. Dans la perspective de la transformation numérique, la culture d'entreprise doit elle aussi évoluer. Comme dans d'autres entreprises, Swissgrid a besoin d'un état d'esprit ouvert pour intégrer les changements induits par la numérisation dans sa manière de travailler et de penser. Une telle disposition se manifeste par la proactivité, la motivation à créer mais aussi par une gestion constructive des échecs.

Enfin, le thème de la **durabilité** va continuer à gagner en importance. Ces dernières années, Swissgrid a déjà orienté ses activités vers le développement durable. Au cours de la prochaine période stratégique, la Corporate Social & Environmental Responsibility sera ancrée de manière stratégique et la contribution de l'entreprise au développement durable sera communiquée de façon transparente.

Dans le cadre de cycles stratégiques réguliers, Swissgrid fixe des objectifs afin que le réseau de transport, tout comme Swissgrid elle-même, soient parfaitement armés pour relever les défis d'un système énergétique en pleine mutation.

L'année 2023 marque le début d'une nouvelle période stratégique de cinq ans pour Swissgrid. La Stratégie 2027 est le résultat d'une collaboration entre tous les secteurs. Cinq priorités sont en ligne de mire pour les années à venir.

● Sécurité d'approvisionnement

L'intégration européenne grâce aux accords bilatéraux. Faire face aux changements dans le système énergétique grâce à la numérisation.

« Pour la sécurité d'approvisionnement, l'interconnexion et la coopération avec l'Europe sont essentielles. Pour garantir cela, Swissgrid s'engage par des contrats bilatéraux pour l'intégration technique du réseau de transport suisse dans le système énergétique européen. Un accord sur l'électricité avec l'UE reste toutefois l'objectif ultime de Swissgrid. »

« La transformation du mix de production et la décentralisation du système électrique augmentent les exigences qui s'imposent à nous. Afin d'accroître la pilotabilité du réseau, nous prenons des mesures de construction, modifions les processus d'exploitation et utilisons, pour l'exploitation du système, des solutions numériques permettant de prendre des décisions en fonction des données. »



Emanuele Colombo
Senior Strategic Advisor

Grid Transfer Capacity

Réalisation et gestion efficaces du réseau de transport. Gestion des installations basée sur les données.

« Il est essentiel de développer l'infrastructure de réseau pour réussir la transformation du système énergétique suisse. C'est pourquoi Swissgrid planifie dès aujourd'hui le Réseau stratégique 2040. Il s'agit notamment d'accélérer la modernisation du réseau de transport, qui sera notamment facilitée par des solutions numériques.

Grâce à une infrastructure de réseau entièrement numérisée et à l'utilisation de moyens auxiliaires tels que les drones et les robots, nous soutenons une gestion des installations basée sur les données. Cela permet d'augmenter la disponibilité et la capacité du réseau existant.



Dominic Moser
Head of Strategic Asset Management

Innovation et numérisation

Voir l'innovation comme une opportunité. Mettre en œuvre la transformation numérique.

« Le système électrique devient de plus en plus complexe et volatil. Des solutions numériques et des approches innovantes sont des facteurs clés pour que le réseau électrique puisse être exploité de manière sûre et efficace à l'avenir. L'innovation et la numérisation sont donc de grands axes sur lesquels se concentre la stratégie.

L'objectif est de numériser la collaboration avec nos partenaires, d'automatiser les processus et de soutenir de nouveaux modèles d'affaires et de nouvelles technologies. Pour ce faire, nous créons systématiquement les conditions nécessaires: sur le plan technologique, des données, du personnel et de la culture. »



Christiane Harling
Strategy Manager

Safety & Security

Minimiser les risques. Augmenter la résilience des processus clés.

« Le réseau de transport fait partie des infrastructures critiques de Suisse. Par conséquent, la sécurité est une priorité absolue pour Swissgrid. Nous protégeons les processus clés de notre activité afin d'éviter ou de minimiser les risques pour une exploitation sûre du réseau de transport.

Les mesures comprennent la protection de l'infrastructure, la sécurité du personnel, des données et des systèmes, ainsi que des solutions pour garantir les processus d'exploitation en cas d'incident et de crise. »



Philipp Isler
Head of Security Operations & CSO

Operational Excellence

Orienter l'organisation de manière durable. Faire évoluer la culture de l'entreprise et développer les compétences.

« L'excellence opérationnelle comporte deux dimensions importantes qui contribuent à une activité durable. En accord avec les objectifs de l'ONU en matière de développement durable, Swissgrid met en œuvre des mesures qui traitent les questions relevant de la responsabilité sociale et écologique de l'entreprise.

Parallèlement, nous encourageons les compétences tournées vers l'avenir des nos collaboratrices et collaborateurs et une culture d'entreprise attrayante afin d'attirer et de fidéliser des spécialistes à l'avenir également. »



Michelle Roth
Head of Communication & Stakeholder Affairs

Gérer la production d'électricité décentralisée

Afin d'adapter l'exploitation du réseau à des ressources énergétiques de plus en plus décentralisées et flexibles, Swissgrid mise sur la technologie blockchain en collaboration avec des gestionnaires de réseau de distribution.

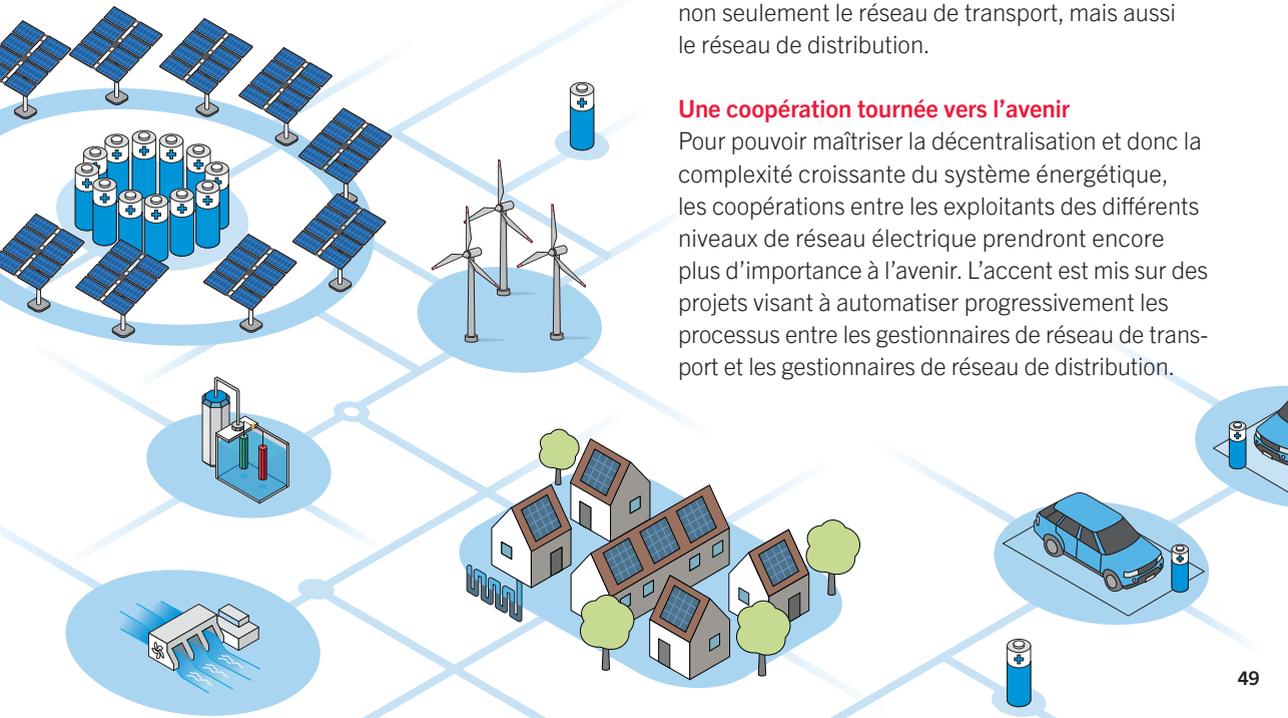
Swissgrid et les gestionnaires de réseau de distribution collaborent étroitement au sein du système électrique suisse. Ces coopérations vont à présent être approfondies. L'objectif est de mieux intégrer les sources d'énergie décentralisées et flexibles ainsi que les prosummateurs (qui produisent et consomment en même temps de l'électricité) pour stabiliser le réseau. Cela concerne surtout les batteries domestiques, les installations photovoltaïques, les pompes à chaleur ou encore l'électromobilité.

Projet pilote avec ewz

Afin d'évaluer les options pour cette intégration, Swissgrid et ewz ont mené un projet pilote en lien avec la plateforme de crowd balancing Equigy. Grâce à la technologie blockchain, Equigy permet de regrouper plus facilement de petites ressources énergétiques flexibles, de les gérer et de les utiliser pour stabiliser le réseau. Le projet pilote s'est concentré sur la manière dont les sources d'énergie flexibles peuvent être utilisées pour stabiliser non seulement le réseau de transport, mais aussi le réseau de distribution.

Une coopération tournée vers l'avenir

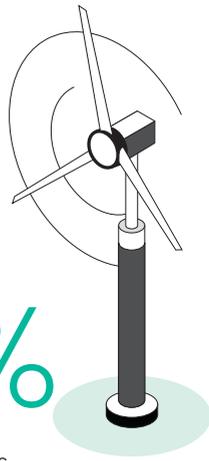
Pour pouvoir maîtriser la décentralisation et donc la complexité croissante du système énergétique, les coopérations entre les exploitants des différents niveaux de réseau électrique prendront encore plus d'importance à l'avenir. L'accent est mis sur des projets visant à automatiser progressivement les processus entre les gestionnaires de réseau de transport et les gestionnaires de réseau de distribution.



Plus d'une possibilité

La Suisse est le château d'eau de l'Europe. Il n'est donc pas étonnant que l'énergie hydraulique représente la plus grande part de la production nationale d'électricité. Elle occupe encore une place centrale à quelques endroits, mais avec le virage énergétique, la production d'électricité deviendra plus diversifiée et plus décentralisée. Cela présente des avantages, mais requiert des moyens de stockage d'électricité supplémentaires et des adaptations dans l'infrastructure du réseau en vue de garantir l'approvisionnement en électricité.

80%



de l'électricité fournie aux prises suisses a été produite en 2021 à partir d'énergies renouvelables.

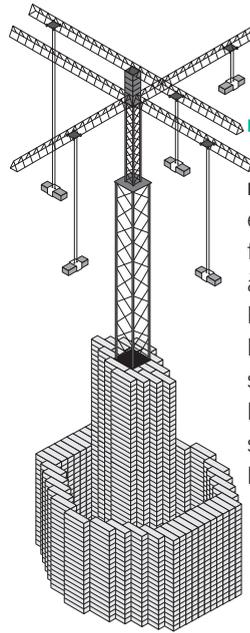
Plus de 80%

des entreprises électriques appartient au **secteur public**. Les électricités et producteurs peuvent donc exercer une influence dans ce domaine grâce à leurs droits de codécision politique.

Durant 9

des 10 derniers hivers, la production nationale n'a pas suffi à couvrir les besoins en électricité de la Suisse.

120



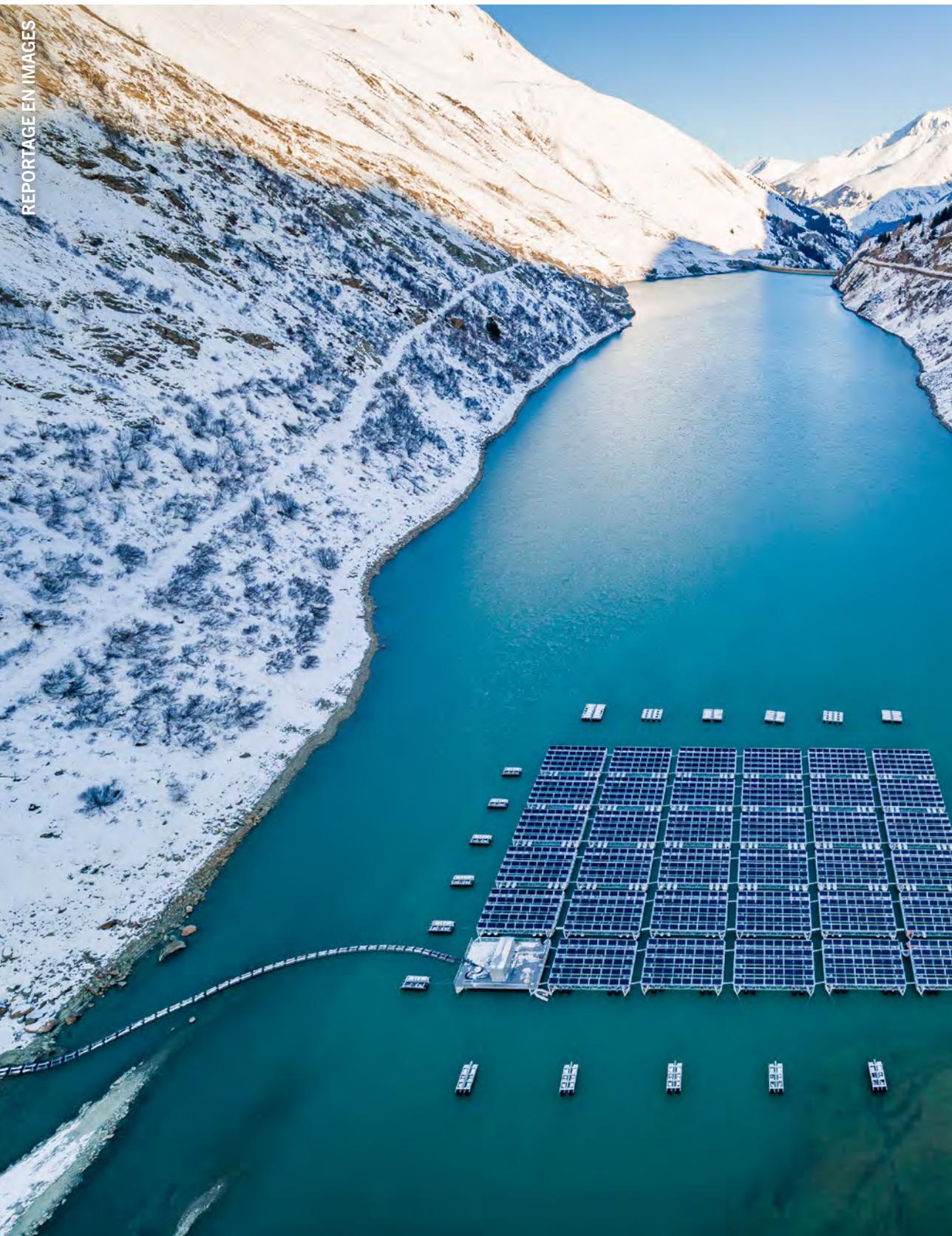
mètres, c'est la hauteur de la tour en blocs de béton nécessaire au fonctionnement de la centrale à accumulation Energy Vault. Les blocs sont empilés à l'aide de l'énergie excédentaire issue du solaire et de l'éolien. Lorsque le besoin se présente, les blocs sont descendus pour récupérer l'énergie.

35

glaciers valaisans alimentent le lac de retenue créé par le barrage de la Grande Dixence. Avec ses 285 mètres, c'est le plus haut barrage-poids du monde. À la base, ce réservoir d'énergie a une épaisseur d'environ 200 mètres, ce qui correspond à la longueur de deux terrains de football.

Plus de 650

entreprises approvisionnent la Suisse en électricité hydraulique, photovoltaïque, éolienne et nucléaire, ainsi qu'en électricité provenant de l'incinération des déchets et d'autres sources d'énergie. En outre, elles assument des tâches telles que le stockage d'électricité, l'exploitation de parties du réseau ou la fourniture d'électricité à la clientèle finale.



Eau et soleil. Outre l'énergie hydraulique, le photovoltaïque joue un rôle de plus en plus important.



Les énergies renouvelables en vedette. La Suisse mise depuis longtemps sur les sources d'énergie renouvelables. L'énergie hydraulique représente la majeure partie de la production.



Utiliser la gravité. Des concepts innovants permettent de nouvelles formes de stockage de l'énergie.



Produire et consommer. Les ménages privés font de plus en plus l'un et l'autre.

De Suisse et d'ailleurs. L'électricité est de plus en plus produite là où elle est consommée, et non plus dans quelques endroits centralisés seulement, ou provient de sources renouvelables lointaines.





Une énergie sans limite. L'énergie éolienne en provenance d'Espagne contribue également à l'approvisionnement en électricité de la Suisse.

« L'énergie devrait
autant que pos-
sible être produite
là où elle est
consommée. »



3 questions posées à Kristina Orehounig – brève interview sur :
youtube.com/swissgridag

Kristina Orehounig, quels sont les défis auxquels le système énergétique suisse est confronté ?

Au niveau national, il s'agit certainement du développement des sources d'énergie renouvelables, car la Suisse est à la traîne dans ce domaine. Il est tout aussi important d'augmenter l'efficacité énergétique et, parallèlement, de consommer avec parcimonie. Il est clair que nous devons continuer à importer de l'énergie à l'avenir, mais la question est de savoir sous quelle forme et à quel moment. L'interconnexion avec les pays environnants continuera à jouer un rôle central. Le meilleur cadre pour cela serait bien sûr un accord sur l'énergie ou au moins un accord sur l'électricité avec l'UE. Surtout si les technologies de l'hydrogène se répandent plus largement et qu'une infrastructure correspondante est mise en place en Europe, la Suisse devrait également en faire partie.

La situation est-elle différente au niveau régional et local ?

Si l'on veut réussir la transition vers les énergies renouvelables, l'électrification des bâtiments et de la mobilité au niveau régional et local doit faire partie des mesures les plus importantes. Au sens large, nous parlons de couplage de secteurs, c'est-à-dire de l'association des secteurs de l'énergie, du chauffage et des transports. Par exemple, utiliser la chaleur résiduelle provenant de la réfrigération et des processus industriels chaque fois que cela est possible. Il existe encore un potentiel considérable dans ce domaine. De même, il est nécessaire de produire de l'énergie renouvelable au niveau local. Cela veut dire que la production et la consommation doivent avoir lieu au même endroit. En complément, il faut poursuivre les mesures visant à améliorer l'efficacité énergétique.

Y a-t-il une technologie de production qui dominera à l'avenir ?

Il n'y aura pas une seule technologie permettant de résoudre le problème du réchauffement climatique et de sortir de la technologie nucléaire actuelle, mais plutôt de nombreuses technologies différentes que nous utilisons déjà aujourd'hui. L'énergie hydraulique continuera certainement à jouer un rôle

Si l'on veut réussir la transition vers les énergies renouvelables, il faut renforcer l'électrification ainsi que la mise en réseau des bâtiments et de la mobilité au niveau régional et local.

dominant à l'avenir. Il en va de même pour l'énergie solaire, dont l'importance ne cesse de croître. La géothermie, la biomasse ou l'énergie éolienne occupent une place secondaire, mais néanmoins importante en Suisse. L'un des grands défis est que les technologies renouvelables ont leur potentiel énergétique à des moments différents et ne sont donc pas toujours disponibles lorsque nous en avons besoin. C'est pourquoi la transition énergétique ne peut réussir que si les technologies de stockage et de conversion de l'énergie sont davantage utilisées ensemble en tant que système. C'est le seul moyen de combler le manque d'énergie pendant les mois d'hiver. Concrètement, il s'agit de mettre en réseau les différents agents énergétiques et les consommateurs, et d'intégrer dans ce système diverses technologies de stockage.

Comment votre « approche du hub énergétique » peut-elle contribuer à relever ces défis ?

L'approche du hub énergétique vise à réguler de manière optimale les flux d'énergie dans un système, qu'il s'agisse d'un quartier ou d'une ville entière, ainsi qu'à compenser les pointes de charge. Ainsi, le rôle d'un hub est de contribuer à ce que, dans un avenir proche, de nombreux bâtiments puissent produire un supplément d'énergie et le fournir à d'autres, par exemple à des bâtiments historiques, qui eux consomment toujours de l'énergie. Cela signifie qu'ils sont conçus pour fournir de l'énergie renouvelable. L'équilibrage recherché peut se faire au moyen d'un réseau électrique ou d'un réseau de chaleur. En outre, on utilise des accumulateurs pouvant stocker de l'énergie à court terme, par exemple des batteries, ainsi que des accumulateurs

à long terme, par exemple des accumulateurs géothermiques. Ainsi, compte tenu des critères économiques, un quartier pourra être, sinon entièrement, du moins majoritairement autosuffisant en énergie.

Vous parlez de quartiers et de bâtiments. La production se déplace-t-elle vers les villes ?

Nos villes et nos parcs de bâtiments se prêtent idéalement à la production d'énergie solaire. L'utilisation de l'énergie géothermique au moyen de sondes géothermiques est également pertinente, bien qu'il ne soit pas toujours possible de faire des forages dans les zones urbaines. À cela s'ajoute la chaleur dégagée par les usines d'incinération des ordures ménagères, les installations industrielles ou les climatisations, qui est de plus en plus souvent injectée dans des réseaux de chaleur. Le rôle des villes est tout aussi important en matière de consommation d'énergie. Le fait que les ménages représentent environ un tiers de la consommation nationale l'illustre bien. Notamment quand on sait que les agents énergétiques fossiles y sont encore utilisés en partie. Et le fait qu'un autre tiers de la consommation totale de la Suisse est dû à la mobilité montre la taille du levier dont disposent nos villes. Dans ce domaine, il est essentiel de promouvoir l'électrification de la mobilité et d'utiliser autant que possible des sources d'énergie renouvelables. Le Demand Side Management doit également être développé afin que la consommation d'énergie ait lieu à des moments où elle est disponible et soit mieux adaptée au potentiel énergétique concerné.



Portrait
Kristina Orehounig

Kristina Orehounig dirige le service des systèmes énergétiques urbains au Laboratoire fédéral d'essai des matériaux et de recherche (Empa). Elle est également chargée de cours au département d'architecture de l'EPF de Zurich, en Suisse, et Lead Principal Investigator du projet Cooling Singapore au Singapore ETH Centre à Singapour. Ses recherches portent notamment sur le développement de concepts durables pour la conception et l'exploitation de bâtiments, l'intégration de systèmes énergétiques renouvelables ainsi que la simulation et l'optimisation de bâtiments et de systèmes énergétiques urbains. Kristina Orehounig a obtenu son doctorat à l'Université technique de Vienne, en Autriche.

« Nos villes se prêtent idéalement à la production d'énergie solaire. Le rôle des villes est tout aussi important en matière de consommation d'énergie. »

Des installations solaires et des éoliennes seront-elles installées sur la plupart des maisons à l'avenir ?

Si nous voulons passer rapidement aux énergies renouvelables, nous avons surtout besoin de surfaces de toitures pour la production solaire. Les scénarios actuels prévoient qu'environ un quart des toits devront être équipés d'installations photovoltaïques d'ici 2050. De plus, il faudra également mettre en place des installations solaires et éoliennes dans les Alpes. Il existe certes des solutions pour les zones urbaines, telles que les petites installations éoliennes, mais leur propagation à grande échelle est toutefois discutable à cause du bruit et du potentiel éolien qu'elles présentent.

Avez-vous une installation solaire sur votre toit ?

La maison dans laquelle nous venons d'emménager dispose d'une installation solaire sur le toit. Toutefois, en tant que locataires, nous n'utilisons pas nous-mêmes l'énergie ainsi obtenue; celle-ci est directement injectée dans le réseau. Nous nous sommes toutefois lancés dans un grand projet mené par un fournisseur d'énergie qui exploite l'énergie produite sur les toits d'écoles. De cette manière, nous pouvons obtenir suffisamment d'énergie pour couvrir les besoins de notre famille. Là encore, le problème est que l'électricité solaire n'est pas toujours disponible, notamment le soir.

D'une forme à l'autre

L'énergie électrique ne peut pas simplement être créée. On ne peut que transformer une forme d'énergie en une autre. Les possibilités, elles, sont diverses et variées.



Énergie cinétique

Énergie de mouvement, comme le vent ou l'eau qui coule. La transformation a lieu dans les centrales hydroélectriques et éoliennes.



Énergie thermique

Énergie stockée dans le mouvement désordonné des atomes ou des molécules d'une substance. Dans les centrales à vapeur, l'énergie thermique de la vapeur d'eau est convertie en énergie cinétique par un mouvement rotatif.



Énergie potentielle

Énergie de position, comme l'eau accumulée ou un objet placé en hauteur. La transformation a lieu dans les centrales de pompage-turbinage, par exemple.



Énergie de rayonnement

La lumière ou la chaleur est de l'énergie transportée par des ondes électromagnétiques. Le rayonnement solaire est par exemple converti en énergie par le photovoltaïque.



Énergie nucléaire

Énergie contenue dans les noyaux atomiques. La fission nucléaire permet de produire de l'énergie secondaire comme l'électricité. On utilise le rayonnement thermique généré pour transformer de l'eau en vapeur. Celle-ci entraîne à son tour des turbines produisant de l'électricité.



Énergie électrique

Énergie transmise par l'électricité ou stockée dans des champs électriques. Il s'agit notamment de la foudre ou des charges électriques qui «circulent». La conversion s'effectue à l'aide de moteurs électriques ou de générateurs.



Énergie chimique

Énergie stockée sous des formes chimiques comme le bois ou le pétrole. Elle est libérée lors de réactions chimiques telles que la combustion de carburants dans les moteurs.

L'avenir énergétique est dans la décentralisation

Consommateur et producteur à la fois

Sur le marché de l'énergie, les ménages ont longtemps été considérés comme de simples demandeurs. Depuis longtemps, beaucoup d'entre eux ne sont plus seulement des consommateurs, mais produisent eux-mêmes de l'énergie de manière décentralisée. En tant que prosummateurs (fusion des mots « producteurs » et « consommateurs »), ces ménages prennent de plus en plus d'importance dans le système énergétique du futur.

Dans la mesure du possible, les prosummateurs consomment l'électricité produite par leur propre installation. Pour ne pas perdre l'énergie excédentaire, des dispositifs de stockage installés dans leur maison permettent de l'utiliser ultérieurement. Grâce à une gestion intelligente de la consommation et de la production d'énergie, les prosummateurs peuvent contribuer à désengorger les réseaux et à assurer leur stabilité.

Si l'on veut réussir la transition énergétique, l'électricité doit davantage être produite là où elle est consommée: de manière décentralisée. Pour cela, il faut accroître autant que possible le nombre de prosummateurs, renforcer la mise en réseau et utiliser des technologies de stockage et de conversion de l'énergie.

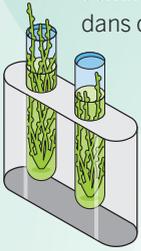
Les accumulateurs soulagent le réseau électrique

Le réseau électrique a été conçu à l'origine pour un flux d'énergie régulier. Avec l'augmentation des sources d'énergie renouvelables, plus le temps passe, plus il doit être adapté à une production d'électricité fluctuante. Pour pallier les fluctuations, on utilise à la fois des technologies de stockage de l'électricité et de conversion de l'énergie.

Les accumulateurs d'électricité tels que les petites et grandes batteries peuvent emmagasiner de l'énergie sur une assez longue période et la restituer en cas de besoin. Cela permet de ne pas perdre l'énergie excédentaire. De même, elle peut être utilisée comme énergie de réglage pour maintenir la stabilité du réseau.

Algues le carburant de la mer

Le sucre d'un kilo de macroalgues permet de produire 40 à 60 % de bioéthanol et, en plus, 10 % de biogaz. Comme les algues absorbent de grandes quantités de CO₂ de la mer et de l'atmosphère lors de leur croissance, il s'agit d'une source d'énergie très efficace. Les restes d'algues peuvent en outre être utilisés comme engrais ou comme ingrédient dans des aliments et des médicaments.



Champignons des artistes de la métamorphose

Les champignons et leur mycélium sont des champions du recyclage et de la transformation des matières. Ils transforment la biomasse de manière extrêmement efficace en matières neutres pour le climat et utilisables de manière polyvalente. Certaines espèces de champignons peuvent transformer les déchets de production de l'industrie du bois et de l'agriculture en bioéthanol.



Quatre sources d'énergie potentielles du futur

La demande en sources d'énergie renouvelables et durables va fortement augmenter dans les années et les décennies à venir. C'est pourquoi les chercheurs et les entreprises du monde entier cherchent des alternatives aux énergies éolienne, solaire et hydraulique.



Chanvre un bio-aspirateur polyvalent

Le chanvre est utilisé depuis des millénaires comme matériau d'isolation et de construction, ou pour produire des huiles essentielles, des textiles, du papier, de la toile à voile et des cordages. Un autre superpouvoir de cette plante robuste est sa capacité à dépolluer les sols. Et son potentiel ne s'arrête pas là, car le chanvre peut même être utilisé pour produire de l'énergie. Il existe déjà des procédés permettant de convertir le chanvre en méthane et en hydrogène pratiquement sans résidus.

Bois un carburant pour les bateaux

Dans le secteur de la construction, le bois est considéré depuis longtemps comme l'un des matériaux les plus respectueux du climat. Les résidus de bois peuvent être transformés en électricité et en chaleur dans des centrales de chauffage au bois. Grâce à un procédé spécial, on peut également en obtenir du carburant pour la navigation. Le secret réside dans le principal composant des parois cellulaires des plantes, la lignine. Ce biopolymère peut être utilisé comme agent énergétique ou pour la fabrication de médicaments ou de matériaux comme le cuir synthétique.





« Le réseau de transport suisse n'est pas un réseau électrique isolé. Sur le plan technique et juridique, il convient de penser au-delà des frontières. »

Charlotte Rossat Senior Legal Counsel



« Le réseau de transport et son exploitation sont simulés grâce à des modèles virtuels. De grandes quantités de données sont alors traitées. »

Gianluca Bergami Data Engineer

Swissgrid offre la possibilité de faire un travail intéressant et utile.

swissgrid.ch/emplois

Sources

- Office fédéral de l'énergie, prix-electricite.elcom.admin.ch, Institut Borderstep, suisseenergie.ch, Office fédéral de la statistique (7)
- prix-electricite.elcom.admin.ch (14)
- prix-electricite.elcom.admin.ch, Swissgrid, die Abhängigkeit des Strompreises (19)
- Swissgrid (21)
- [Sauvages et précieuses](#) (40/41)
- Association des entreprises électriques suisses, Energy Vault, Office fédéral de l'énergie, Office fédéral de la statistique (51)

Mentions légales

Éditeur

Swissgrid SA, www.swissgrid.ch

Conception et réalisation

SOURCE Associates AG, Zurich

Concept de contenu et rédaction

open up AG, Zurich

Photographie & crédits photos

Valentin Flauraud (pour Romande Energie, 52), Tom Haller, Luxwerk, Stefan Walter, Raphael Zubler, Swissgrid, Getty Images, Keystone, Shutterstock

Production

Kromer Print AG, Wettingen



©2023 | Printed in Switzerland



« Développer le maintien de la tension dans le réseau à très haute tension en collaboration avec les entreprises et la branche est essentiel pour la sécurité de l’approvisionnement. »

Fabian Streiff Senior Specialist Product Development



« Sans infrastructure informatique, rien ne fonctionne dans le réseau de transport. Les solutions et les processus sont étroitement imbriqués entre tous les secteurs et doivent être harmonisés. »

Eva Romanczyk, cheffe de projet et Requirements Engineer



« Le réseau de transport est l’affaire de tous. Swissgrid jette des ponts pour promouvoir la collaboration entre les groupes d’intérêts les plus divers. »

Jérémie Plumejeau Stakeholder Affairs Manager



« Le réseau de transport n’est jamais achevé; il est renouvelé continuellement. À l’aide de données, nous analysons les domaines dans lesquels des rénovations sont nécessaires. »

Martina Rohrer Head of Technical Asset Management

L'électricité fait bouger le monde et notre pays, l'électricité crée la sécurité, la qualité de vie et la prospérité. Nous exploitons en permanence le réseau de transport de manière fiable, efficace et non discriminatoire au service de l'économie nationale et du secteur électrique suisse. Nous concevons et construisons le réseau de transport du futur.

Ce faisant, nous assumons notre responsabilité envers la société et l'environnement.

En relation avec nos partenaires suisses et étrangers, nous misons sur des solutions basées sur le partenariat et le marché afin de développer le système énergétique.

La sécurité est notre première priorité, dans tout ce que nous faisons.