

D'où vient l'élec- tricité ?



« 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 Legal Counsel



« La maintenance de l'infrastructure est indispensable au fonctionnement sûr et performant du réseau de transport. »

Hans-Christian Widmer Grid Maintenance Manager



« Des technologies innovantes comme la blockchain nous permettent de rendre l'exploitation du réseau de transport plus efficace. »

Etienne Auger Research & Digitalisation Manager



« Swissgrid est un employeur moderne et diversifié avec de multiples domaines de responsabilité. »

Mirjam Keller HR Business Partner

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.

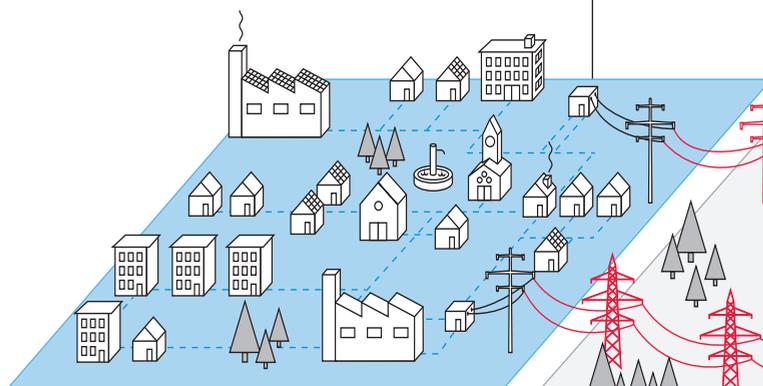
Nous vous souhaitons une bonne lecture.

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.

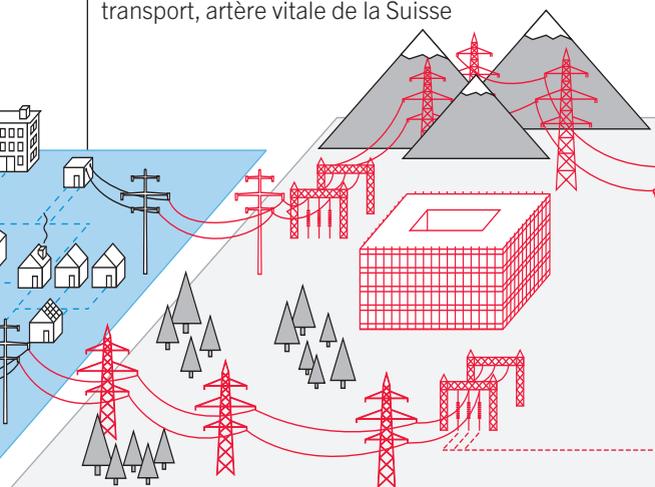
6 1 – Comment utilise-t-on l'électricité?

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



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

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



12 **DIALOGUE** L'avenir énergétique de la Suisse – un entretien avec Christian Schaffner



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

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

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

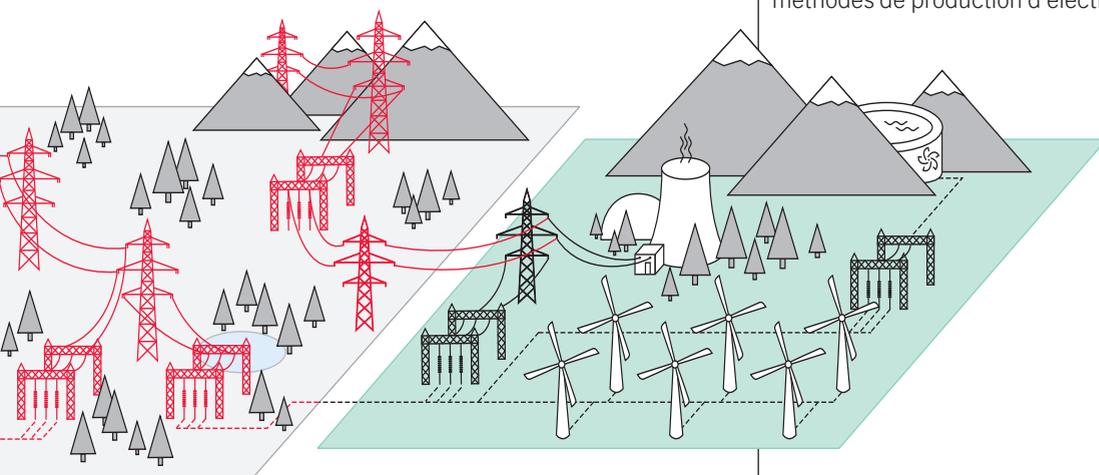
30 **CENTRE DE CONDUITE DU RÉSEAU** C'est là que tout converge

33 **BLACK-OUT** En cas de panne de courant

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

36 **PROJETS DE RÉSEAU** Optimisation avant extension

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** Un espace pour les sonneurs

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



44 **DIALOGUE** Au cœur de l'Europe – un entretien avec Andrea Mäder

47 **INNOVATION** « L'an 1958 » et « Dans l'air du temps »



56 **DIALOGUE** Énergie renouvelable – un entretien avec Michael Frank

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.

58,1

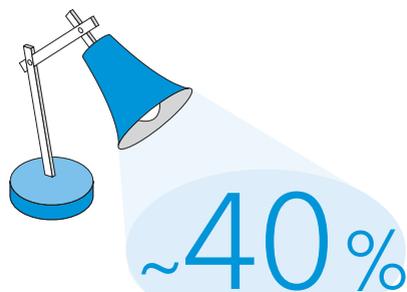
térawattheures d'électricité ont été consommés en Suisse en 2020. Dans notre pays, cela correspond à la consommation d'environ 12,4 millions d'appartements de 5 pièces avec cuisinière électrique et sèche-linge (sans chauffe-eau électrique).



8 à 30



centimes, c'est le prix d'un kilowattheure d'électricité, en fonction de la région et du tarif choisi (tarif de nuit, éco-courant). Un kilowattheure correspond par exemple à l'énergie électrique nécessaire pour alimenter 100 ampoules LED de 10 watts pendant une heure.



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.

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.



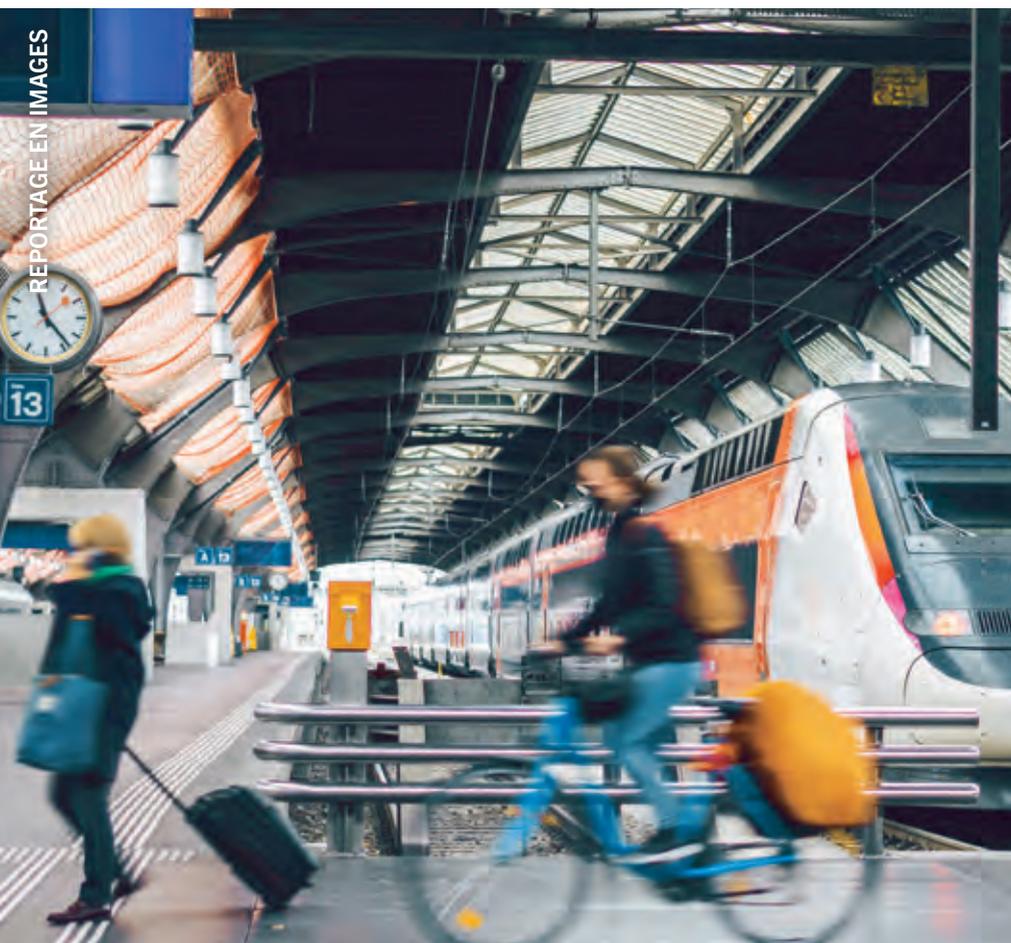
Un facteur de bien-être. Souvent, c'est le petit détail qui fait la différence. Comme cette guirlande lumineuse installée dans le jardin.



Fidèle compagnon. Sans la disponibilité permanente de l'électricité, il est difficile d'imaginer comment nous pourrions accomplir les tâches de la vie quotidienne.



La vie moderne. L'électricité permet de nombreuses applications qui rendent la vie plus confortable.



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

Une flexibilité maximale. L'électricité participe grandement à la qualité de vie. Aujourd'hui, elle permet notamment d'être mobile et d'organiser librement son emploi du temps.





Le nouveau monde du travail. Travailler n'importe où sans aucune restriction, encore une fois grâce à l'électricité.



« À l'avenir,
nous aurons
besoin de moins
d'énergie,
mais de plus
d'électricité. »



Cinq questions posées à Christian Schaffner lors d'une brève interview:
youtube.com/swissgridag

En Suisse, la consommation d'électricité augmente. Pour inverser la tendance, il ne suffit pas d'avoir des technologies plus efficaces. Il faut des modèles, des incitations et un changement de mentalité.

L'électricité est un élément indispensable de la vie quotidienne. Où consommez-vous le plus d'électricité?

J'habite avec ma famille dans un appartement locatif. C'est en faisant la cuisine et la lessive que nous consommons le plus de courant. Comme le bâtiment est chauffé par le chauffage urbain et non par une pompe à chaleur, la consommation à cet égard est relativement faible. En ce qui concerne la mobilité, je prends de temps en temps un véhicule électrique, même si ce n'est pas le mien, et souvent le train.

Où se situe la Suisse en matière de consommation moyenne d'électricité par habitant?

En la matière, la Suisse se situe dans la moyenne européenne. D'une part, notre consommation n'est pas aussi élevée qu'en Norvège, par exemple, où le chauffage est presque exclusivement électrique. Mais d'autre part, elle est plus élevée que dans les pays du sud, comme l'Italie ou l'Espagne. À l'échelle mondiale, nous sommes sans surprise un gros consommateur d'électricité par habitant.

La valeur par habitant est une valeur moyenne. Qui sont les principaux consommateurs en Suisse?

Si l'on regarde en détail les principaux consommateurs, il y a d'un côté les ménages qui ont besoin d'électricité pour faire la lessive, cuisiner, se chauffer et produire de l'eau chaude. De l'autre, il y a l'industrie, qui consomme beaucoup pour les processus – comme les entraînements et l'automatisation – et en partie aussi pour la production de chaleur, ainsi que les services. Il faut également mentionner l'agriculture et les transports publics, même si ceux-ci représentent une part plutôt faible.

Comment la consommation d'électricité va-t-elle évoluer?

À l'avenir, la consommation d'électricité augmentera en raison de la décarbonisation, c'est-à-dire de l'abandon des sources d'énergie fossiles. Les moteurs puissants sont ici l'électromobilité et l'électrification de la production de chaleur, en particulier

les pompes à chaleur. Cela permet d'économiser beaucoup d'énergie fossile, de sorte que l'on utilise globalement moins d'énergie, mais plus d'électricité. La tendance est clairement à une électrification plus importante et plus rapide des ménages et des transports que de l'industrie.

Quelles en sont les raisons?

Dans les deux domaines, il y a des gains d'efficacité évidents, par exemple grâce à l'éclairage à LED ou dans les réfrigérateurs. Dans les processus industriels aussi, beaucoup de choses sont entreprises afin d'utiliser moins d'électricité pour la même production et le même service. Néanmoins, on constate déjà une augmentation de la consommation due à l'électromobilité et aux pompes à chaleur, de sorte qu'elle va plutôt augmenter en Suisse dans son ensemble, en particulier dans les ménages.

Qu'est-ce que cela signifie pour la transition énergétique? La Suisse est-elle sur la bonne voie?

La Stratégie énergétique 2050 de la Confédération prévoit globalement une réduction significative de la consommation en Suisse. Cette réduction sera notamment obtenue grâce à des technologies plus efficaces. Il s'agit notamment du moteur électrique, beaucoup plus efficace que le moteur à combustion, et de la pompe à chaleur dans le secteur du bâtiment. Avec une unité électrique, une pompe à chaleur peut produire beaucoup plus de chaleur qu'un chauffage classique. Comme je l'ai déjà dit, cela signifie que nous aurons besoin de moins d'énergie, mais de plus d'électricité.

La Suisse ne se rend-elle pas ainsi encore plus dépendante de l'étranger ?

Si l'on considère l'ensemble du secteur de l'énergie, nous sommes aujourd'hui très dépendants de l'étranger. En effet, toutes les énergies fossiles sont importées. En ce qui concerne l'électricité, la production et la consommation sont à peu près au même niveau sur l'ensemble de l'année. Aujourd'hui déjà, nous échangeons beaucoup avec l'étranger: en hiver, nous importons de grandes quantités d'électricité, tandis qu'en été, nous en exportons. Si nous importons moins d'énergies fossiles, nous serons globalement moins dépendants de l'étranger. Néanmoins, même en mettant davantage l'accent sur l'électricité, il est essentiel que nous entretenions de bonnes relations avec les pays environnants.

Que peut-on faire pour réduire la consommation d'électricité ?

Il est très important de faire attention à l'efficacité partout où l'on consomme de l'électricité. Dans les ménages, les nouvelles technologies peuvent y aider. Dans l'industrie, nous devons regarder de très

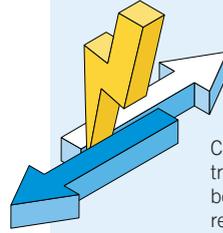


Portrait
D' **Christian Schaffner**

Depuis septembre 2013, Christian Schaffner est directeur exécutif de l'**Energy Science Center (ESC)** de l'EPF de Zurich. L'ESC est un centre de compétences interdisciplinaire visant à promouvoir la recherche et l'enseignement dans le domaine de l'énergie. Il a pour but de faciliter l'introduction d'un système énergétique durable, écologique, fiable, à faible risque, économiquement viable et socialement acceptable.

Auparavant, Christian Schaffner a dirigé la section Réseaux de l'Office fédéral de l'énergie, où il était chargé de développer une stratégie d'extension du réseau et une feuille de route pour un réseau intelligent. Dans le cadre de cette fonction, il a participé aux négociations bilatérales entre la Suisse et l'Union européenne sur un contrat relatif à l'approvisionnement énergétique.

Faits et chiffres sur l'avenir énergétique



Échange bidirectionnel

Ce terme désigne un flux d'électricité à double sens. Selon les besoins, il permet par exemple de recharger la batterie d'une voiture ou, au contraire, d'en prélever du courant.

Plus de
60%

des chauffages installés en Suisse sont des pompes à chaleur. Rares sont les nouvelles constructions qui n'en sont pas équipées.

40 à 100 mrd
de francs

C'est le coût estimé de la transition énergétique ou de la transformation du système énergétique suisse d'ici 2050. En d'autres termes, cela représente un coût d'investissement annuel de 1 à 2,5 milliards de francs.

près les processus, car ils recèlent un grand potentiel d'optimisation. En outre, quand on parle d'électricité, il est important de considérer non seulement la quantité, mais aussi la puissance disponible à un moment donné. Par exemple, toutes les voitures ne doivent pas être rechargées à la même heure; les temps de recharge doivent être répartis le plus intelligemment possible. C'est le principe des « smart grids ». Une autre mesure importante est la recharge bidirectionnelle. Elle consiste à utiliser les batteries et l'énergie des véhicules électriques à court terme pour stabiliser le système électrique.

De quelles incitations les gens ont-ils besoin pour vraiment réduire leur consommation ?

Dans le secteur de l'industrie, il est important d'agir par l'exemple pour montrer ce qui est possible. De manière générale, la pression augmente dans ce secteur pour que les entreprises deviennent neutres en CO₂ et fassent attention au type d'électricité utilisé. Dans le secteur privé, les incitations à économiser l'électricité sont presque toujours liées à certaines prescriptions, comme par exemple des

« Il est très rare de voir apparaître des technologies capables de résoudre la plupart des problèmes en quelques années. »

prescriptions d'efficacité ou l'interdiction des ampoules à incandescence, car elles ont bien plus d'effet que le prix.

La réduction de la consommation ne pourrait-elle pas être un levier plus important que l'augmentation des capacités de production pour répondre aux défis de la transition énergétique ?

En fin de compte, tout est nécessaire. Autrement dit, nous devons produire plus d'électricité renouvelable pour répondre à l'augmentation de la demande, et en même temps améliorer l'efficacité chaque fois que c'est possible. Un autre facteur important, dont on parle encore peu aujourd'hui, est la suffisance énergétique. Il s'agit de réfléchir à la quantité de mobilité dont nous avons besoin et aux éventuelles possibilités de la réduire. Ou dans quelle mesure nous pouvons aussi faire des efforts de réduction dans le domaine du chauffage. La suffisance joue également un rôle important dans l'aménagement du territoire – comment organiser nos villes, villages et paysages ? Les planifions-nous de manière à limiter les voies de transport et les surfaces à chauffer ?

Quel sera le rôle de la technologie dans la réduction de la consommation ?

Il y a de nombreux développements dans ce domaine, mais il est très rare de voir apparaître des technologies capables de résoudre la plupart des problèmes en quelques années. Mais on observe des points de basculement, comme actuellement avec l'électromobilité. Les moteurs électriques sont actuellement presque aussi chers que ceux à combustion. Dans quelques années, la tendance se renforcera en faveur des moteurs électriques, ce qui constituera un autre levier important. Il est essentiel

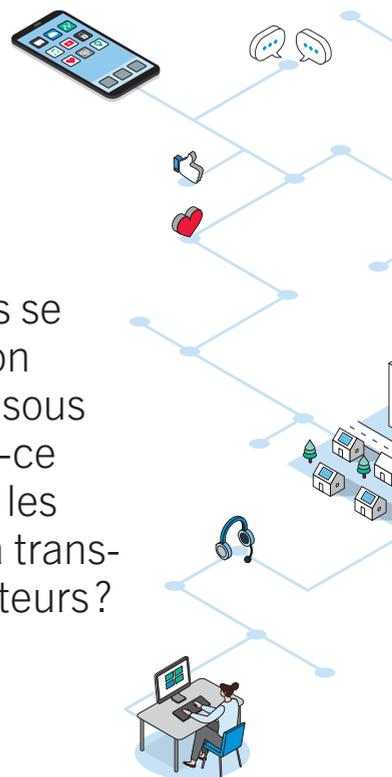
que nous ayons des réglementations intelligentes pour permettre l'émergence de nouvelles technologies. Il y a certainement encore des progrès à faire dans ce domaine.

Plus de consommation signifie plus d'électricité à transporter jusqu'aux consommateurs. Les réseaux actuels y parviennent-ils ?

Le niveau des réseaux électriques suisses est très élevé. Ils sont également très bien connectés sur le plan international. Le réseau de transport est très bien développé et le réseau de distribution est confortablement équipé, en particulier en zone urbaine. Mais si l'on regarde vers l'avenir, il y a des points névralgiques à tous les niveaux. En ce qui concerne le réseau de transport, certains nœuds, transformateurs et lignes sont aujourd'hui à la limite de leur capacité et doivent être étendus. N'oublions pas qu'en plus du transport, la distribution intelligente de l'électricité joue un rôle important et que beaucoup de questions restent en suspens à ce sujet. Ce qui est sûr, c'est que l'échange bidirectionnel, y compris entre les réseaux de transport et de distribution, ainsi que la communication correspondante doivent être développés et intensifiés.

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 ?



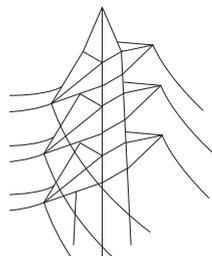
Sans tension, rien ne va

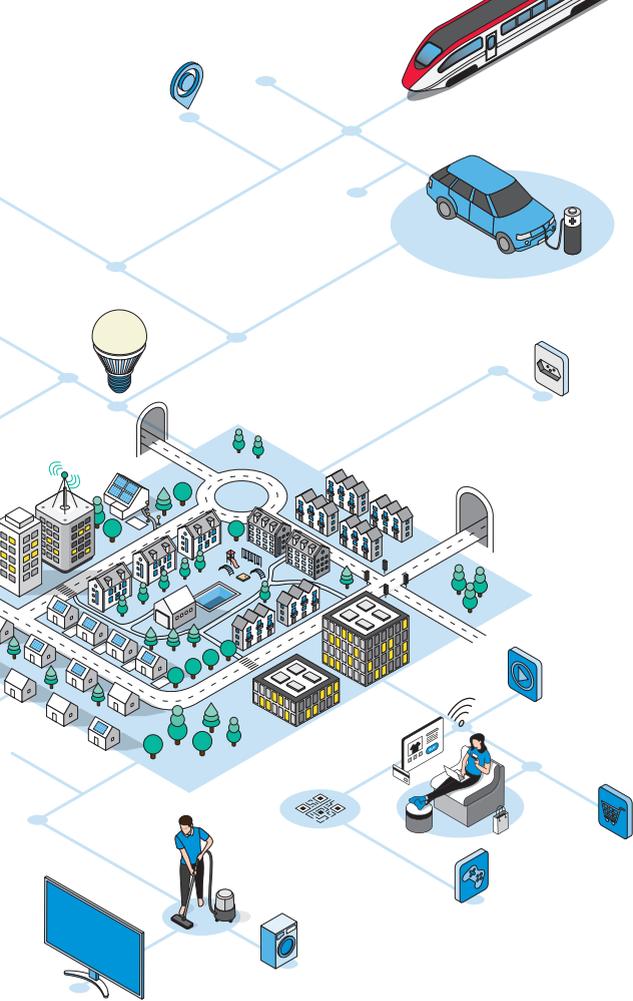
Pour que le courant circule, il faut une tension. Du réseau de transport jusqu'à l'appareil électrique à la maison, elle met les électrons en mouvement et permet de transporter l'électricité sur de grandes distances.

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.

Des petits pois surgelés pour la stabilité du réseau

Comme l'électricité ne peut pas être stockée dans le réseau de transport, il doit toujours y avoir autant d'électricité qui entre d'un côté que d'électricité qui sort de l'autre. Cela permet de stabiliser le réseau. Même les consommateurs d'électricité comme les entrepôts frigorifiques peuvent y contribuer.

Afin de garantir le bon fonctionnement du réseau à une fréquence constante de 50 hertz, les gestionnaires de réseau doivent toujours maintenir l'équilibre entre la production et la consommation d'électricité. Pour ce faire,

ils surveillent le réseau 24 heures sur 24. S'il y a un risque de déséquilibre, les entrepôts frigorifiques ou les usines d'incinération, par exemple, peuvent recevoir l'ordre de réduire leur consommation. À l'inverse, les exploitants de

centrales électriques peuvent augmenter leur production pour compenser une hausse de la consommation.

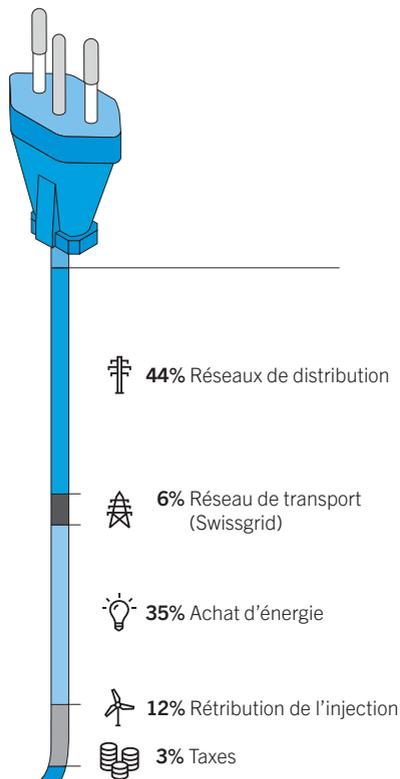


En savoir plus:
[swissgrid.ch/puissancedereglage](https://www.swissgrid.ch/puissancedereglage)

Le prix de l'électricité

Le prix de l'électricité se compose grosso modo des trois éléments suivants: le tarif énergétique pour l'énergie électrique fournie, le tarif d'utilisation de réseau pour le transport de l'électricité de la centrale jusqu'au domicile, et les redevances politiques. Ces dernières sont destinées à la collectivité, à la promotion des énergies renouvelables et à la protection des eaux et des poissons.

Pour un appartement de 5 pièces avec cuisinière électrique et sèche-linge (sans chauffe-eau électrique) consommant 4500 kWh par an, il faut compter aujourd'hui environ 20,47 centimes par kWh. Le tarif d'utilisation de réseau représente environ 50% du prix de l'électricité, le tarif énergétique environ 35% et les différentes redevances environ 15%. Sur le prix total de l'électricité payé par les consommatrices et consommateurs finaux, les coûts du réseau de transport de Swissgrid s'élèvent à près de 6%. En 2022, un tel ménage suisse paie donc environ 50 francs pour les coûts du réseau de transport géré par Swissgrid.



L'électricité est (encore) achetée localement

La plupart des consommatrices et consommateurs finaux en Suisse achètent leur électricité auprès de l'entreprise locale d'approvisionnement électrique. Seuls les gros consommateurs dépassant 100 000 kWh par an peuvent choisir librement leur fournisseur d'électricité.

En Suisse, l'ouverture du marché de l'électricité pour les gros

consommateurs a eu lieu en 2009. Selon la volonté du Conseil fédéral, le marché de l'électricité devra à l'avenir être libéralisé pour tous les consommateurs et consommatrices. L'adaptation correspondante est prévue dans le projet de la nouvelle « loi fédérale relative à un approvisionnement en électricité sûr reposant sur des énergies renouvelables ». La libéralisation ne concerne

toutefois que le marché de l'énergie et non le réseau électrique. Contrairement au marché des télécommunications, où des infrastructures parallèles ont été mises en place jusqu'au dernier kilomètre, le réseau électrique reste intact. En effet, de telles infrastructures impliqueraient d'énormes dépenses financières et logistiques et ne seraient donc pas rentables.

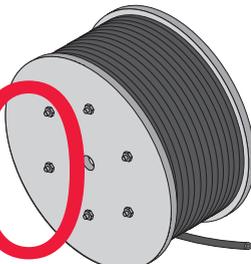
Les trajets sont longs

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.

2,5 milliards

de **francs** seront investis d'ici 2025 pour moderniser le réseau de transport. Afin que le réseau puisse répondre aux besoins futurs, Swissgrid planifie dès aujourd'hui le Réseau stratégique 2040.

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.



Près de 15 minutes

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

15 cm



C'est le **diamètre** d'une ligne câblée souterraine de 380 kilovolts au niveau de la très haute tension. Cela correspond à peu près au diamètre d'une raquette de ping-pong.

Plus de 6000



collaboratrices et collaborateurs de 28 nationalités différentes œuvrent chez Swissgrid pour trouver les meilleures solutions pour le réseau de transport.

6700

kilomètres, c'est la longueur des lignes du réseau de transport. En outre, 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.



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.

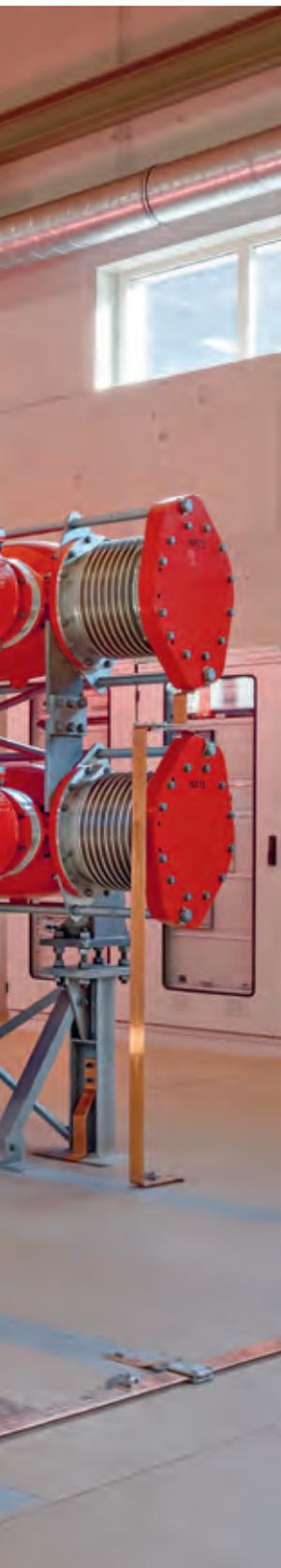




Safety First. Pour que le réseau soit fiable à long terme, Swissgrid investit dans sa maintenance et sa modernisation.

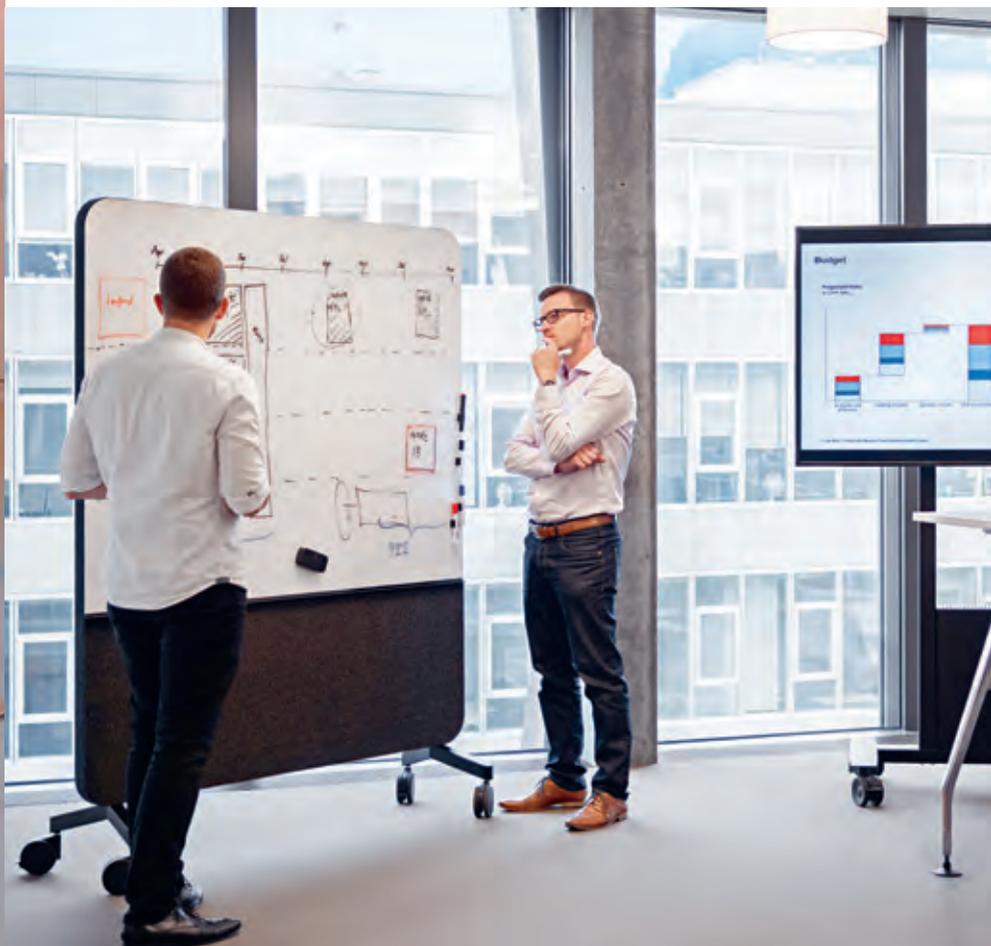


Infrastructure. La sécurité de l'exploitation du réseau de transport dépend du bon fonctionnement de l'infrastructure.



Une artère vitale à très haute tension.

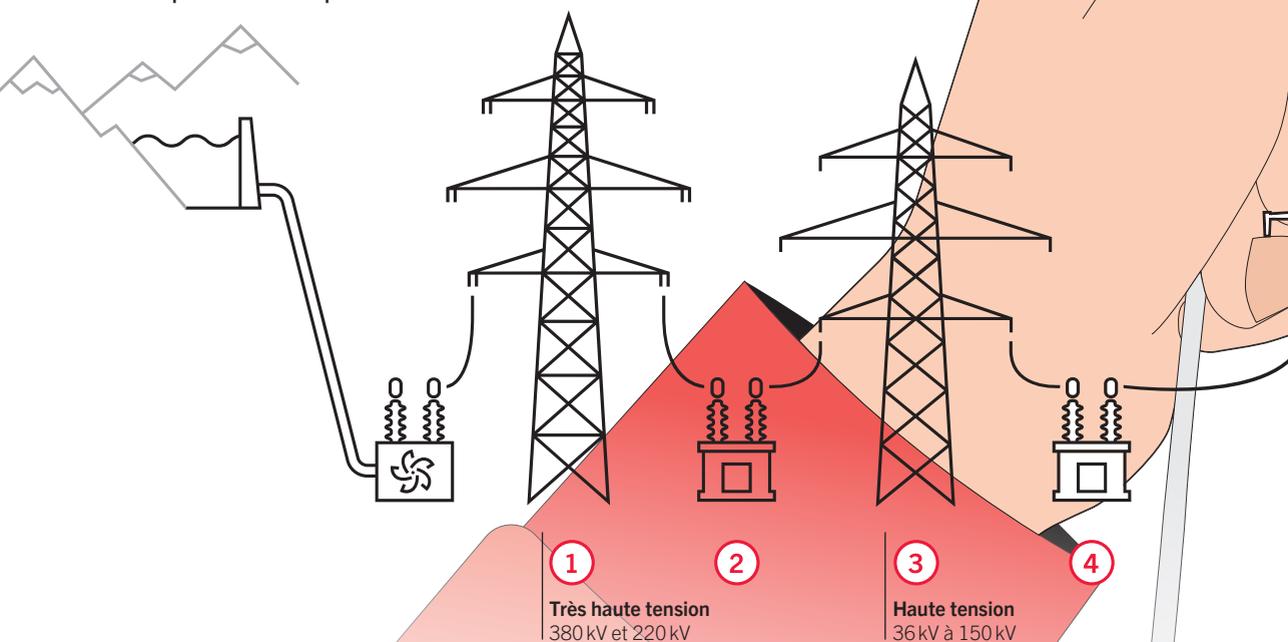
Les collaboratrices et collaborateurs de Swissgrid, dont le nombre s'élève à plus de 600 personnes, travaillent 24 heures sur 24 pour que le réseau de transport suisse continue d'être l'un des plus fiables au monde.



Développement. Swissgrid planifie dès à présent le réseau de transport 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.



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 à la distribution; la modification de la tension par le biais de transformateurs s'effectue sur les trois autres.

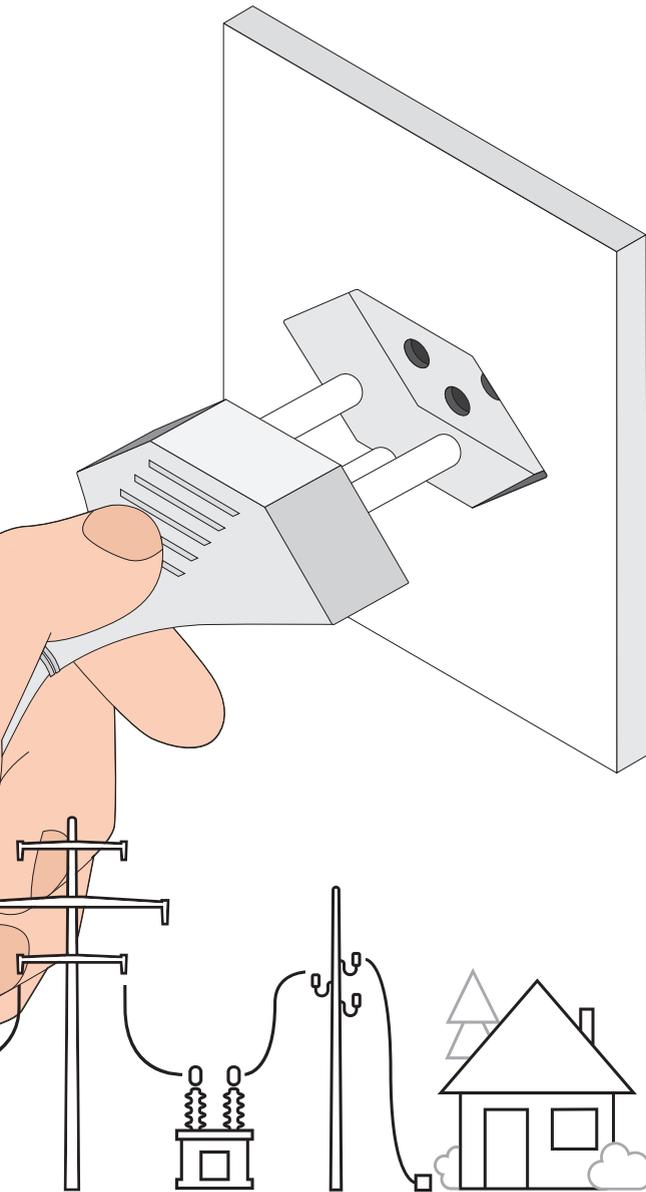
Le chemin est long

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.

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.



⑤

Moyenne tension
1 kV à 36 kV

⑥

⑦

Basse tension
jusqu'à 1 kV

Consommation

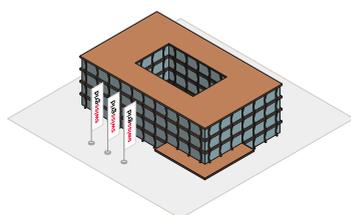
Pour que le courant parvienne jusqu'à notre prise électrique, il faut diviser la tension par 1000 (de 380 000 volts ou 220 000 volts à 400 ou 230 volts).



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

Les installations essentielles au réseau

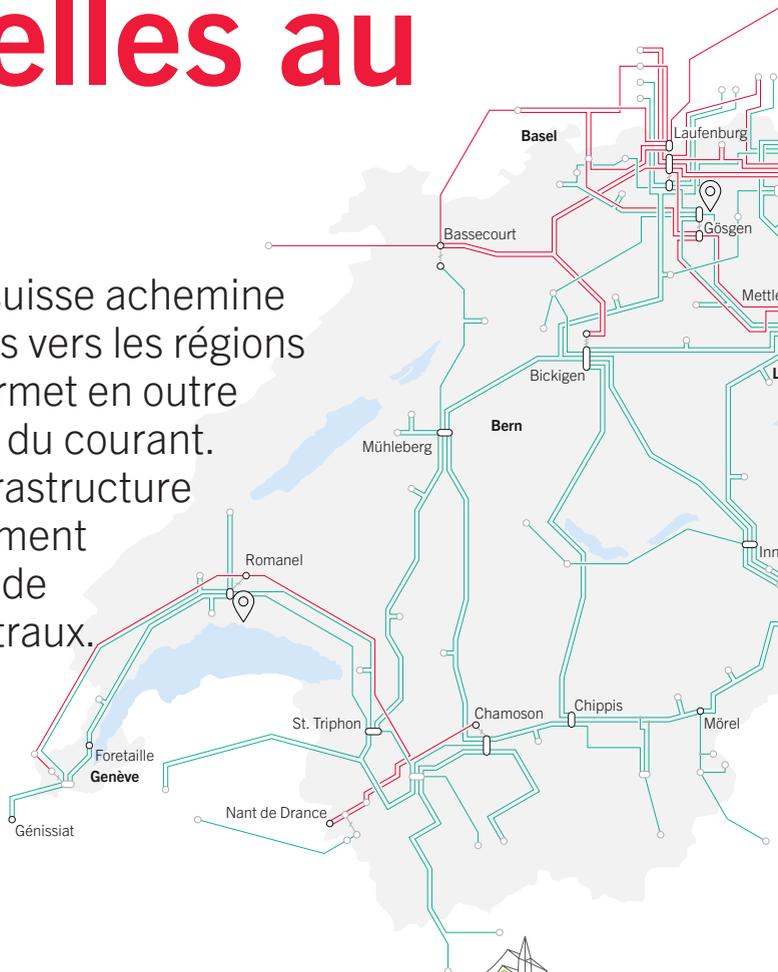
Le réseau de transport suisse achemine l'électricité des centrales vers les régions de consommation et permet en outre d'importer et d'exporter du courant. Pour cela, il faut une infrastructure sophistiquée et parfaitement coordonnée, composée de différents éléments centraux.



Centres de conduite du réseau

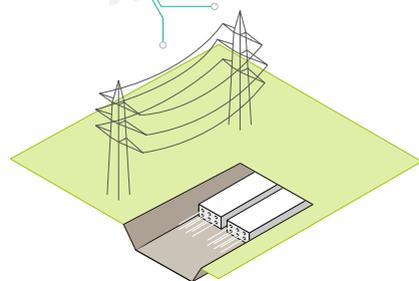
Centres de conduite d'Aarau et de Prilly

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.



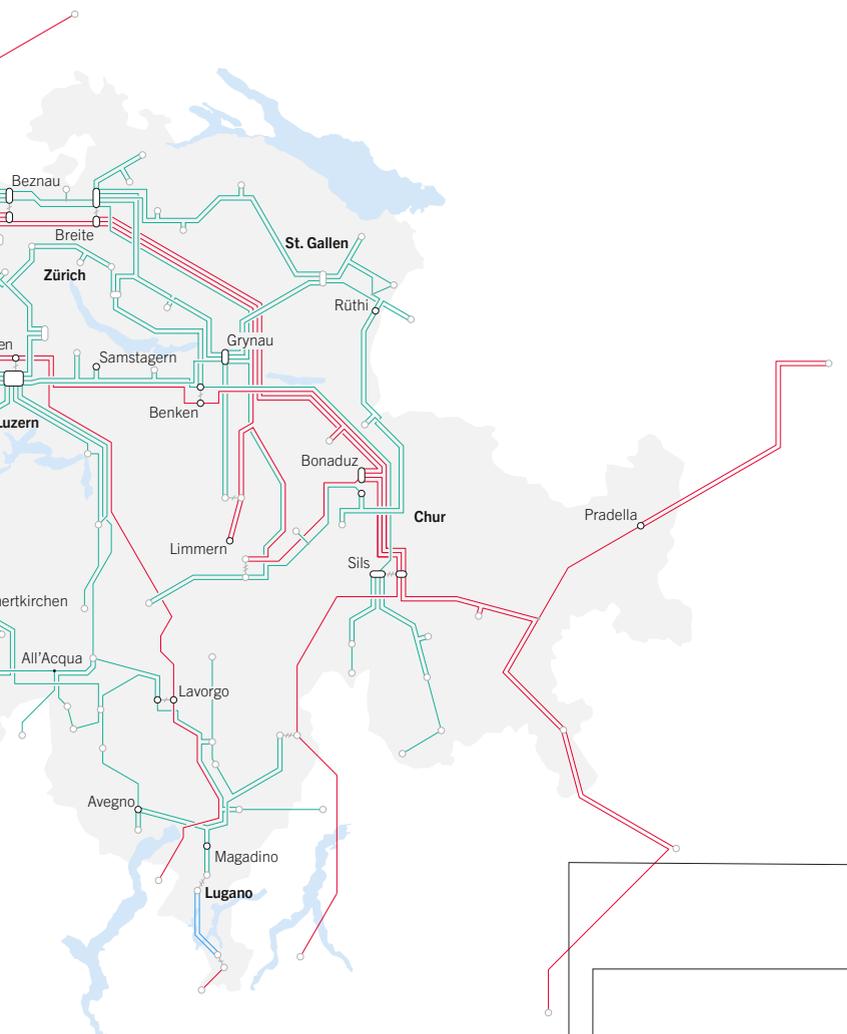
Lignes à très haute tension

— Lignes de 220 kV
— Lignes de 380 kV



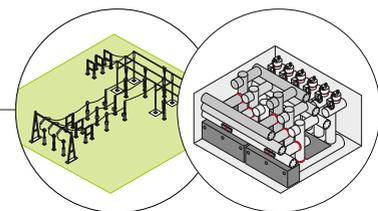
Le réseau de transport se compose de lignes de 380 et 220 kV, d'une longueur totale de 6700 kilomètres. Il comprend en outre 12 000 pylônes électriques et est relié au réseau interconnecté européen par 41 lignes. Les lignes de 380 kV servent à l'importation et à l'exportation, tandis

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.



Sous-stations

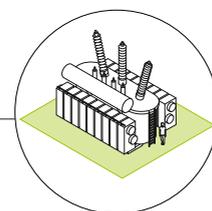
Les sous-stations servent à relier différents niveaux de réseau et sont donc les nœuds du réseau de transport. Les 125 sous-stations de Swissgrid abritent des postes de couplage, et parfois des transformateurs et la technique de protection et de contrôle-commande des installations.



Postes de couplage

—○— Postes de couplage

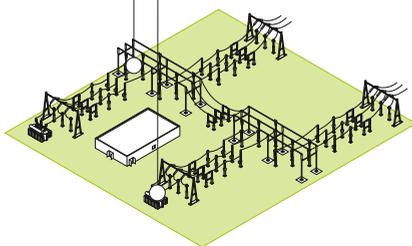
Les lignes sont reliées entre elles dans les 147 postes de couplage de Swissgrid. En effectuant des manœuvres, le personnel du centre de conduite du réseau déconnecte ou connecte des lignes et influence ainsi les flux d'énergie. Cela permet d'éviter les surcharges et de déconnecter des lignes pour les 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.

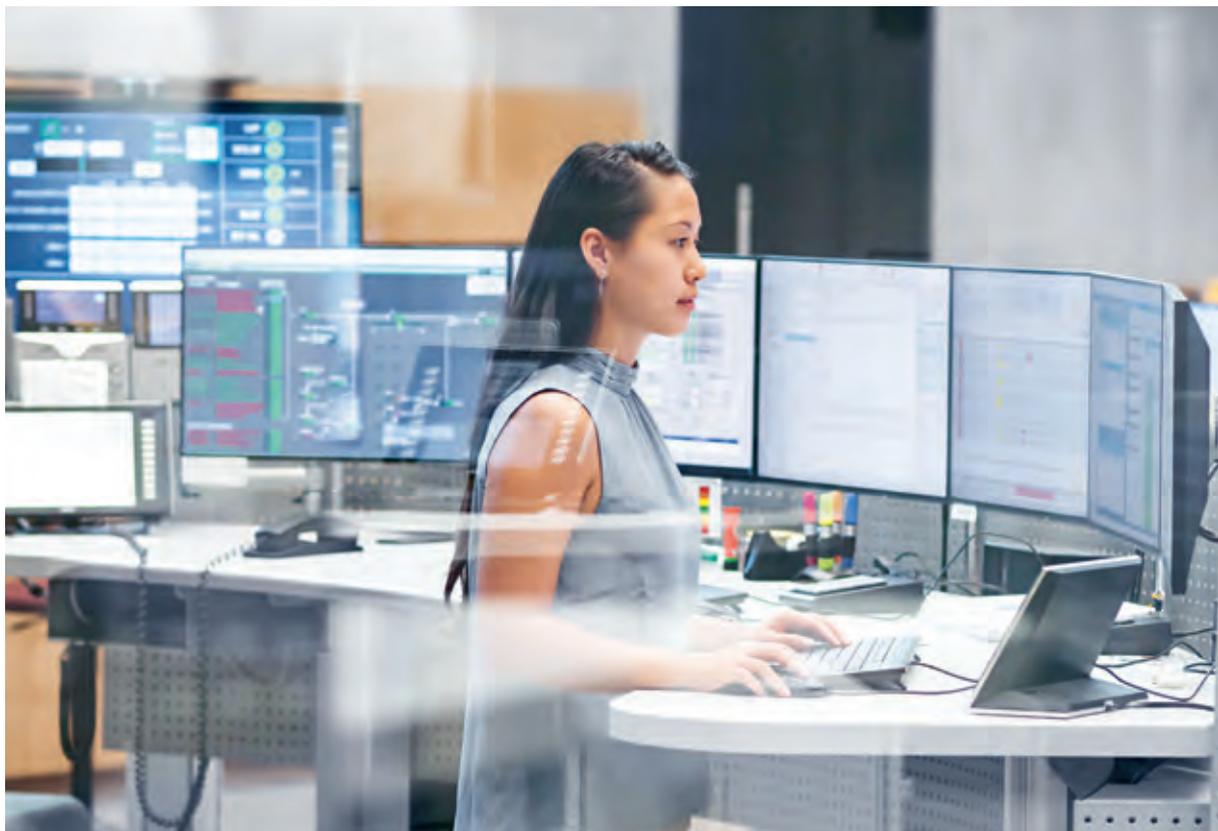


Transformateurs

○×○ Transformateurs

Les 21 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

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.

l'exploitation sûre et stable du réseau à une fréquence constante de 50 hertz.

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



Les échanges personnels restent importants malgré toute la technologie.

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 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.

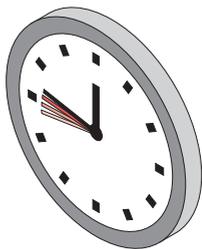
Interconnexion avec l'Europe

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.

Bon à savoir

Voici pourquoi l'horloge du four se dérègle

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.



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

En cas de panne de courant



Lorsqu'une panne de courant suprarégionale se produit, on parle de « black-out ». C'est l'une des tâches principales de Swissgrid que de rétablir le plus rapidement possible la fourniture intégrale dans un tel cas.

Un black-out est généralement la conséquence d'une cascade ou d'un effondrement de la fréquence. Si, par exemple, un phénomène naturel provoque la défaillance d'une sous-station ou d'une ligne à très haute tension, cela peut entraîner une surcharge d'autres éléments qui se déconnectent alors automatiquement. Une réaction en chaîne, également appelée « cascade », peut alors se déclencher et déployer une dynamique de plus en plus rapide. Dans un tel cas, les gestionnaires de réseau tentent d'isoler le réseau en panne en procédant à des manœuvres et de stopper la réaction en chaîne. Si la défaillance touche une très grande centrale électrique, il y a un risque d'effondrement de la

fréquence. Dans un tel cas, l'équilibre entre la production et la consommation n'est plus garanti et la fréquence du réseau baisse, ce qui peut entraîner la déconnexion d'autres centrales électriques. Dans le pire des cas, le réseau risque de s'effondrer complètement, raison pour laquelle les gestionnaires tentent de stabiliser la fréquence à temps en recourant à l'énergie de réglage.

Importance des mesures préventives

Pour éviter les black-out, Swissgrid dispose de différentes mesures préventives, comme la surveillance et l'analyse permanentes du réseau électrique, un concept de gestion de crise, des plans d'urgence, etc. Si un black-

out se produit malgré tout, il existe deux méthodes pour rétablir le réseau: la reconstitution avec une tension extérieure ou avec une tension intérieure.

Tension extérieure

Une reconstitution avec tension extérieure nécessite un réseau voisin fonctionnel auquel les différents éléments du réseau, tels que les lignes ou les sous-stations, sont progressivement raccordés. Cette procédure est exécutée en étroite coordination avec les gestionnaires de réseau de distribution et les centrales électriques.

Tension intérieure

S'il est peu probable que le réseau puisse être reconstitué avec une tension extérieure, on crée des îlots. Le réseau électrique de chaque îlot est rétabli à l'aide de centrales aptes au démarrage autonome, telles que des centrales de pompage-turbinage ou des centrales au fil de l'eau. Dès que les îlots présentent une fréquence stable, ils sont progressivement reliés. Ce processus s'appelle la « resynchronisation ».



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

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.

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

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.



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

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.



Optimisation avant extension

Lors de la planification des projets de réseau, Swissgrid préfère optimiser avant d'étendre. L'infrastructure n'est étendue que de manière ciblée et pour de bonnes raisons, comme le montre le recours au tunnelier Giorgia.



Pour en savoir plus:
youtube.com/swissgridag



Une première pour Giorgia

Pour que la centrale de pompage-turbinage de Nant de Drance, dans le Bas-Valais, puisse être raccordée au réseau à très haute tension, il a fallu un projet de réseau spécial pour une partie de la ligne. Une ligne câblée souterraine de 1,2 km a été enfoncée à une profondeur de 10 à 20 mètres pour relier la sous-station de La Bâtiaz avec Le Verney à Martigny. Un défi d'ingénierie pour lequel il fallait de l'artillerie lourde.

La réponse a été trouvée sous la forme du mini-tunnelier Giorgia, qui a été utilisé pour la première fois pour un projet de réseau de Swissgrid. Avec l'aide de Giorgia, qui pèse tout de même 80 tonnes, un tunnel d'un diamètre de 3 m a été creusé et consolidé pendant environ neuf mois. À partir de décembre 2021, les 12 lignes câblées souterraines ont été posées dans le tunnel, ce qui représentait un défi logistique supplémentaire car leur poids était de plus de 19 kg par mètre. Si tout se déroule comme prévu, la ligne à très haute tension souterraine sera mise en service au printemps 2022 et reliée à la ligne aérienne de 380 kV au Verney à Martigny.

Une centrale de pompage-turbinage dans l'air du temps

Avec une capacité de stockage de 20 millions de kWh, la centrale de pompage-turbinage de Nant de Drance est l'une des plus puissantes d'Europe. Par ailleurs, elle a été spécifiquement conçue pour produire de l'électricité lors des pics de consommation et pour compenser les productions irrégulières provenant de sources renouvelables.

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

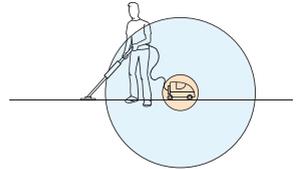
notre corps et affecter ses processus. Pour éviter tout risque pour la santé, la Suisse applique des valeurs limites parmi les plus strictes au monde.

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

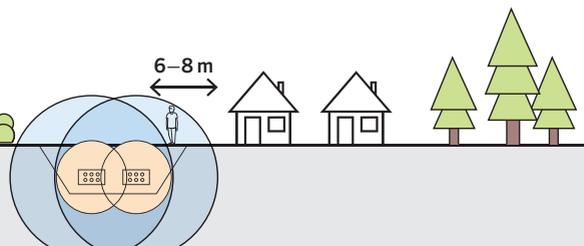
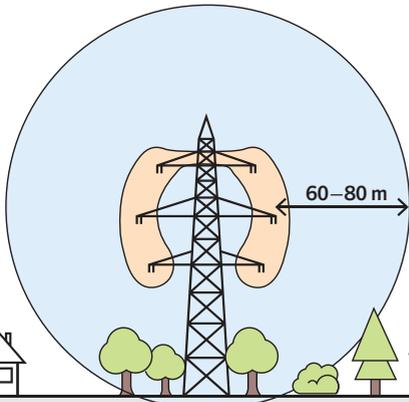


Un appareil est sous tension dès qu'il est branché à la prise de courant. Le champ électrique existe même si l'appareil reste éteint et qu'aucun courant ne circule.

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.

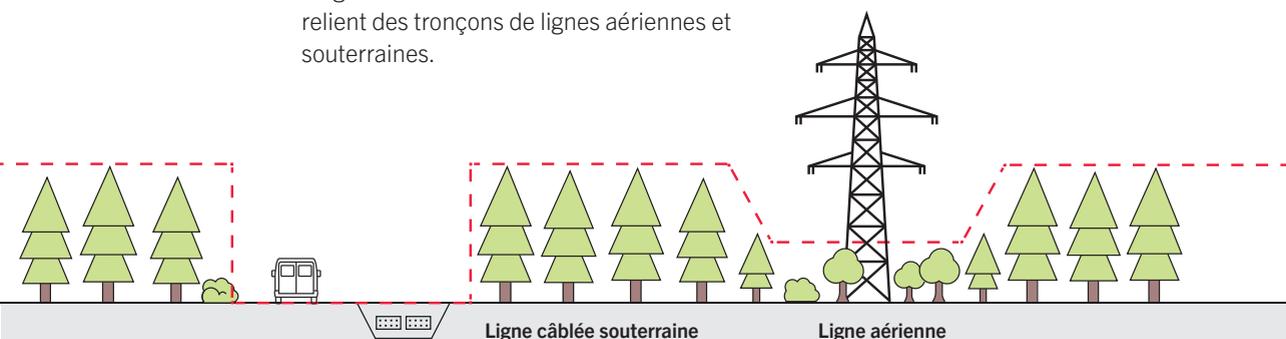
Valeurs limites de jour et de nuit en décibels (dB)

I Zones de détente	☀ ☾	55 45
II Zone résidentielle	☀ ☾	60 50
III Zones mixtes habitation/ commerce, zones agricoles	☀ ☾	65 55
IV Zone industrielle	☀ ☾	70 60

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.





Un espace pour les sonneurs

Les surfaces situées sous les pylônes électriques ne peuvent être utilisées que de manière limitée pour des raisons de sécurité. Mais les projets de protection animale y trouvent leur place.



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



Barbara Krummenacher
Ingénieure en environnement chez Swissgrid

La description du crapaud sonneur à ventre jaune n'est pas vraiment agréable à lire: le corps de cet amphibien, qui va du gris argile au vert olive, est pourvu de nombreuses verrues. Le ventre présente des motifs jaunes et noirs, signalant que le sonneur est venimeux. Il vaut mieux donc le regarder dans les yeux. Comme tous les sonneurs, il a des pupilles en forme de cœur qui le distinguent clairement des autres crapauds.

Chaque chose a son utilité

Comme toute chose dans la nature, ces traits caractéristiques ont une fonction. Le dessus discret du sonneur à ventre jaune lui sert de camouflage. En cas de danger, il adopte en un clin d'œil une posture de défense dans laquelle il s'arc-boute en présentant son ventre. Ainsi, il indique clairement qu'il est venimeux. La peau du sonneur sécrète une substance légèrement toxique qui le protège des bactéries mais aussi des prédateurs. Elle peut être produite en quantités telles que la surface du corps se recouvre d'une mousse blanche. Malgré cette défense, le sonneur à ventre jaune fait partie du régime alimentaire de certaines espèces. Serpents, cigognes, corneilles, mais aussi hérissons et musaraignes mangent les sonneurs adultes de 3 à 5 cm de long. Tritons, grenouilles vertes, tortues d'eau ou larves de libellules se régalent de leur progéniture.

Revitaliser un espace inutilisé

La population de sonneurs à ventre jaune est fortement menacée, principalement par l'homme, qui a détruit ses habitats en asséchant des zones humides et en aménageant des cours d'eau. Si l'on veut lutter contre l'extinction de l'espèce, il faut créer de nouveaux habitats.

Heureusement, les zones situées sous les pylônes du réseau à très haute tension offrent des conditions idéales pour les sonneurs. D'une part, elles ne sont guère utilisables par les propriétaires terriens en raison des contraintes de sécurité. Cela garantit l'implantation à long terme des amphibiens. D'autre part, le terrain se prête bien à l'aménagement de petites mares.

De tels plans d'eau s'assèchent régulièrement et ne conviennent donc pas aux concurrents du sonneur. Si les pylônes se trouvent dans la forêt ou à proximité, les amphibiens adultes peuvent également utiliser les tas de bois et la végétation dense comme habitat.

«Créer des habitats est utile. Swissgrid le fait dans le cadre de projets de renaturation où, par exemple, le démantèlement d'infrastructures offre de nouvelles possibilités d'utilisation.»



Construction d'une mare sous un pylône

Collaborer à la protection de la nature

L'initiative d'utiliser les terres inexploitées le long du réseau de transport a été prise par Pro Natura et la société de conseil Naturschutzlösungen. Elles ont évalué les sites qui présentaient les conditions idéales. Swissgrid les a expertisés avec les responsables du projet et a fourni les géodonnées nécessaires. Après un projet pilote à Mühleberg, il est prévu de créer d'autres habitats pour le sonneur à ventre jaune dans huit autres régions.

Parfois, les secondes comptent

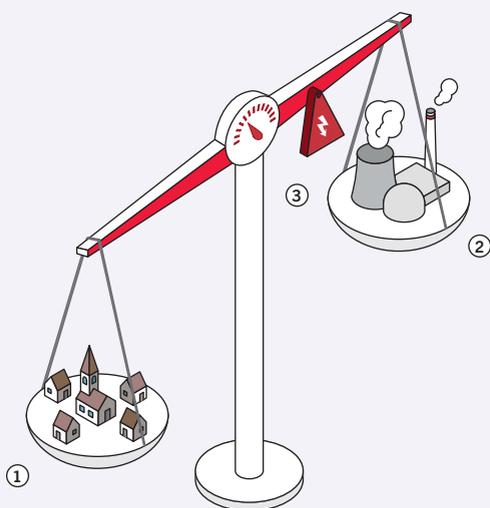
S'il y a un déséquilibre dans le réseau de transport, des mesures compensatoires deviennent nécessaires. Comme Swissgrid ne produit pas elle-même d'électricité, celle-ci est achetée sur différents marchés.

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.

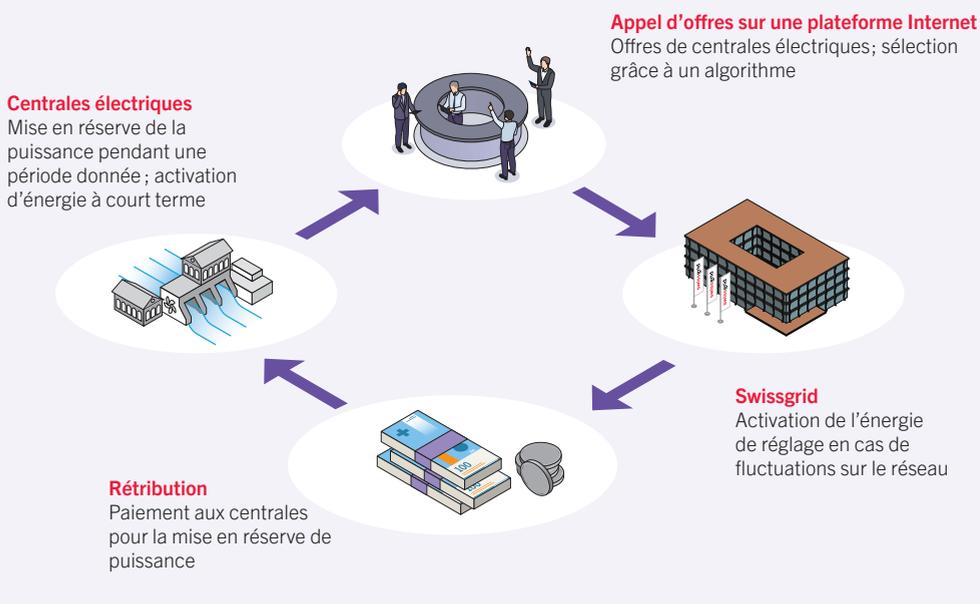
Créer un équilibre



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.

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

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)



« Un accord technique sur l'électricité serait une solution transitoire. »

Le réseau de transport suisse ne peut être considéré isolément; il est solidement intégré dans le réseau interconnecté européen. Mais cette collaboration bien rodée est menacée.

D'où provient l'électricité dont nous avons besoin ?

L'électricité que nous consommons en Suisse est majoritairement produite dans des centrales électriques locales. Nous importons le reste de l'étranger, surtout pendant les mois d'hiver. Durant cette période, jusqu'à 40% des besoins de la Suisse sont couverts par de l'énergie provenant de l'étranger, principalement d'Allemagne et de France. En été, c'est l'inverse, l'électricité est souvent exportée.

Pour que l'électricité parvienne aux consommatrices et consommateurs, il faut un réseau. Avec son réseau de transport, Swissgrid fournit en quelque sorte une autoroute. Ce réseau permet de transporter de grandes quantités d'électricité sur de longues distances. Mais Swissgrid ne produit pas elle-même d'électricité.

Sans l'interconnexion, rien ne fonctionne dans le réseau. Qu'est-ce que cela implique pour Swissgrid ?

L'interconnexion est un facteur de réussite pour Swissgrid, et pour la Suisse, elle garantit la sécurité de l'approvisionnement. En Suisse, nous travaillons en étroite collaboration avec les gestionnaires de centrales et de réseau de distribution locaux. En dehors, l'intégration dans le réseau interconnecté d'Europe continentale est indispensable. Nos relations étroites présentent des avantages significatifs. Sans cette interconnexion, l'importation, l'exportation et le transit d'électricité ne fonctionneraient pas. L'intégration au réseau européen contribue en outre largement à la stabilité du réseau électrique suisse. Pour simplifier, plus le réseau interconnecté est grand, plus le système global est stable. Les

défaillances de centrales ou les fluctuations peuvent être plus facilement gérées au sein d'une grande communauté.

A-t-on besoin d'un réseau interconnecté européen fonctionnel pour réussir la transition énergétique ?

Oui, cela vaut pour toute l'Europe, y compris la Suisse. Nous dépendons de la participation au système global et de son développement. Au niveau européen, il faut notamment faciliter les échanges d'électricité. Si, par exemple, l'énergie éolienne en provenance d'Allemagne est insuffisante, il faut pouvoir gérer efficacement l'achat d'énergie solaire excédentaire en provenance du Portugal. L'harmonisation au sein de l'UE a donc aussi pour objectif de permettre des flux d'électricité rapides et simples en Europe.

Que pensez-vous à l'heure actuelle de la coopération en Europe ?

Pour Swissgrid, la collaboration avec les partenaires européens est indispensable pour garantir la sécurité du réseau. Pour la stabilité du réseau interconnecté, il est essentiel que tout le monde respecte les mêmes règles.

Un haut degré de coordination est nécessaire au niveau technique; la collaboration avec les gestionnaires de réseau de transport européens est depuis des années très constructive et orientée vers la recherche de solutions. Les autres exploitants sont conscients de l'importance de la Suisse pour le réseau interconnecté de l'Europe continentale. Mais ces derniers temps, cette collaboration est entravée par des questions politiques. La situation politique actuelle entre la Suisse et l'UE complique cette collaboration bien rodée, qui est importante pour nous au niveau technique.

Que signifie moins de coopération pour la Suisse ?

Nous sommes de plus en plus isolés en tant que pays. L'exclusion progressive de la Suisse du marché intérieur européen de l'électricité a aussi des inconvénients pour les producteurs d'électricité locaux. Nos centrales hydroélectriques sont très flexibles, par exemple lorsqu'il s'agit de compenser

« Actuellement, la Suisse dispose d'un réseau exploité en toute sécurité et d'une sécurité d'approvisionnement adéquate. Cependant, se contenter de maintenir le statu quo ne suffit pas pour l'avenir. »

les fluctuations par de l'énergie de réglage. Mais cet avantage concurrentiel technologique ne peut être exploité en raison de l'exclusion, et les recettes des producteurs diminuent.

Et pour Swissgrid ?

Si Swissgrid est exclue des processus européens, le stress systémique augmente dans le réseau de transport. Sans accord sur l'électricité, la Suisse est exclue du commerce européen de l'électricité à court terme. Les capacités de transport pour le commerce de l'électricité sont déterminées et attribuées dans ce que l'on appelle des zones de calcul de capacité. Dans ce contexte et en l'absence d'un accord, les éléments de réseau suisses ne sont pas assez pris en compte. Cela augmente le risque de flux d'électricité imprévus. Ces derniers menacent de plus en plus la stabilité du réseau dans notre pays. Swissgrid doit alors intervenir et injecter de l'électricité pour stabiliser le réseau. Et par conséquent, les consommatrices et consommateurs finaux n'en ont pas assez. De plus, ces mesures sont coûteuses et compliquées à réaliser.

Que faut-il pour améliorer la situation ?

Actuellement, la Suisse dispose d'un des réseaux les plus stables du monde et d'une sécurité d'approvisionnement adéquate. Cependant, se contenter

de maintenir le statu quo ne suffit pas pour l'avenir. Pour garantir durablement la sécurité d'approvisionnement, il faut plusieurs composantes: un réseau stable, suffisamment d'énergie produite en Suisse et une coopération avec les partenaires européens. Sans cette dernière, rien n'est possible; faire cavalier seul est difficilement réalisable sur le plan technique et peu judicieux sur le plan économique.

Quelles sont les possibilités d'action de Swissgrid ?

Swissgrid s'engage au niveau européen pour maintenir la sécurité du système d'un point de vue technique. Cela signifie que nous concluons des contrats avec des gestionnaires de réseau de transport européens. Ces contrats ne résolvent toutefois pas tous les problèmes résultant de l'absence d'accord sur l'électricité. Nos partenaires contractuels sont soumis à des réglementations nationales et européennes. Pour travailler avec nous, ils ont souvent besoin d'autorisations des autorités de régulation concernées. À l'avenir, nous serons tributaires d'une solution intergouvernementale. Seule une telle solution peut créer un cadre stable pour la coopération avec l'UE et donc pour une sécurité d'approvisionnement élevée en Suisse. Un accord sur l'électricité avec l'UE reste pour nous l'objectif ultime. Comme solution transitoire, nous pourrions imaginer un accord intergouvernemental purement technique.

Que devrait contenir un tel accord ?

Un tel accord laisserait de côté la question de l'accès au marché européen de l'électricité. En revanche, il garantirait que nous soyons, par exemple, impliqués dans tous les instruments et processus techniques visant à assurer la sécurité du réseau. La base légale correspondante existe déjà. Le Conseil fédéral a la compétence de conclure un accord international en la matière.



Portrait
Andrea Mäder

En tant que Public Affairs Manager, Andrea Mäder défend les intérêts et les positions politiques de Swissgrid dans l'environnement suisse et européen. Pour ce faire, elle analyse les évolutions pertinentes et élabore des recommandations d'action pour l'entreprise. En outre, elle entretient des relations avec les sites et personnes clés en Suisse et à l'étranger.

L'étoile de Laufenburg



L'histoire s'est écrite en 1958 à Laufenburg, dans le canton d'Argovie. L'interconnexion des réseaux électriques de 220 kilovolts de l'Allemagne, de la France et de la Suisse a fait naître le réseau interconnecté européen.



La Suisse, plaque tournante de l'électricité en Europe

L'« étoile de Laufenburg » a été à l'origine du plus grand réseau d'interconnexion d'électricité au monde. Aujourd'hui, le réseau interconnecté européen approvisionne plus de 530 millions de personnes dans plus de 30 pays.

De par sa situation centrale, le réseau de transport suisse relie le nord au sud de l'Europe. Les barrages suisses agissent comme un important réservoir d'énergie dont profitent tous les pays du réseau.

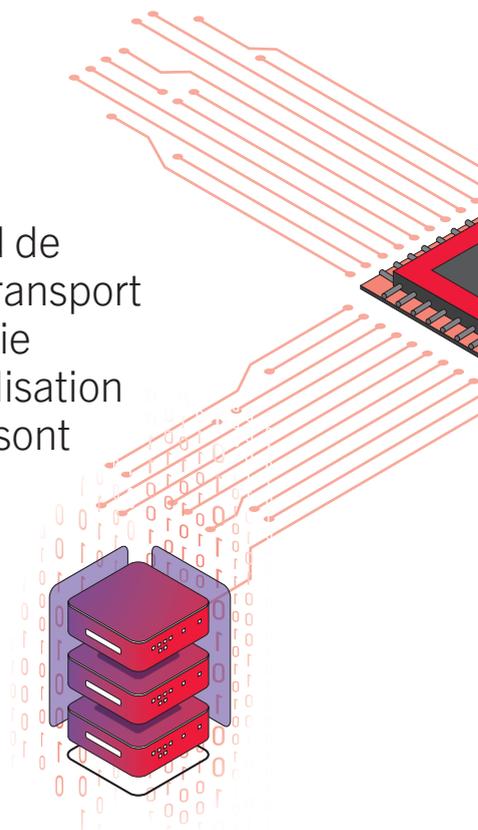
Un approvisionnement en électricité sûr pour l'Europe

Avec l'explosion de la consommation d'électricité après la Seconde Guerre mondiale, il a rapidement fallu coordonner les flux électriques européens. L'Allemagne, la France et la Suisse ont fait le premier pas en interconnectant leurs réseaux dans « l'étoile de Laufenburg ». Ce poste de couplage a contribué à stabiliser le réseau et à sécuriser l'approvisionnement comme jamais auparavant. C'est ainsi, d'un coup, qu'un marché de l'électricité transfrontalier a vu le jour.

Avec plus de 41 lignes, la Suisse est étroitement reliée à ses voisins. Mandatée par l'ENTSO-E, le réseau européen des gestionnaires de réseau de transport d'électricité, Swissgrid joue actuellement un rôle crucial dans l'équilibre du réseau en tant que centre de coordination pour l'Europe du Sud. Pour que cette tâche puisse être accomplie sans faille à l'avenir, il est important de poursuivre l'étroite collaboration avec l'Europe.

Dans l'air du temps

La numérisation permet à Swissgrid de rendre l'exploitation du réseau de transport toujours plus efficace. La technologie blockchain, des méthodes de visualisation innovantes et la réalité augmentée sont employées à cet effet.



L'exploitation du réseau du futur

Pour faire face aux fluctuations croissantes de la production et de la consommation d'électricité, des solutions innovantes sont nécessaires. C'est là qu'intervient la plateforme de crowd balancing « Equigy ». Grâce à la technologie blockchain, elle a recours à diverses ressources énergétiques et apporte ainsi une plus grande stabilité et sécurité d'approvisionnement.

Equigy crée les conditions techniques permettant d'intégrer de petites ressources énergétiques décentralisées et flexibles pour stabiliser le réseau. Les installations photovoltaïques, les accu-

mulateurs à batterie, les pompes à chaleur ou les voitures électriques en font partie. La technologie blockchain permet d'agréger de nombreuses installations de ce type et de traiter automatiquement de grands volumes de données. Dans ce système décentralisé, toutes les données sont saisies et traitées directement dans les différentes unités, ce qui assure une transparence maximale et une grande sécurité.

Promotion des énergies renouvelables

Plus on associe de ressources énergétiques différentes, plus le pool d'électricité flexible et

renouvelable, qui pourra être injectée et gérée en toute sécurité dans le réseau, est important. Ainsi, il est également possible de mieux contrôler les fluctuations de l'offre et de la demande. Avec le projet Equigy, Swissgrid apporte donc une contribution importante à la promotion des énergies renouvelables et au couplage des secteurs de l'énergie, de la chaleur et des transports.



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

Prise de décision rapide grâce à la 3D

La planification des lignes de transport est complexe, car de nombreux intérêts différents doivent être pris en compte. Grâce à des algorithmes, Swissgrid est en mesure d'accélérer le processus de prise de décision.

En collaboration avec Swissgrid, l'EPF de Zurich a développé le 3D Decision Support System, qui analyse tous les facteurs pertinents pour le tracé des lignes dans les domaines de l'environnement, de la technique, de la rentabilité et de l'aménagement du territoire.

La voie de la moindre résistance

Dans le domaine de l'aménagement du territoire, par exemple, les types de zones tels que les zones d'habitation ou les zones de détente de proximité sont importés dans le logiciel et confrontés à une « résistance ». Celle-ci exprime leur adéquation pour une ligne. Un algorithme, qui tient compte de tous les facteurs, permet de déterminer la voie de moindre résistance. Les conclusions sont présentées sous forme d'une visualisation en 3D. Ce procédé aide les responsables à prendre des décisions, accroît la transparence et facilite la communication avec les personnes concernées.

 **En savoir plus:**
swissgrid.ch/blog

Inspection en réalité augmentée

L'inspection du réseau de transport est laborieuse, car il faut traiter de nombreux points de checklist. La réalité augmentée (RA) est une aide précieuse à cet égard.

Swissgrid tire parti de la réalité augmentée en lançant, en collaboration avec le spin-off de l'EPF Rimont Technologies GmbH, un projet pilote permettant d'inspecter les sous-stations grâce à des lunettes de RA.

300 points de contrôle numériques

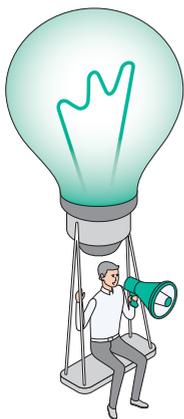
Pour ce faire, la sous-station de Mettlen a été modélisée en 3D et intégrée dans des lunettes de RA avec des informations sur la procédure d'inspection. L'application de RA guide l'utilisateur à travers les 300 points de contrôle numériques qui s'affichent sur la représentation de la sous-station. Des images, vidéos et séquences filmées sont aussi fournies en

guise de support. Grâce à l'application, les prestataires de services savent exactement quel type de contrôle effectuer et à quel endroit. Cela permet de standardiser davantage les inspections tout en les rendant plus efficaces.

 **En savoir plus:**
swissgrid.ch/blog

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.



Les **idées** de moyens alternatifs pour produire de l'électricité ne manquent pas. Si les projets de recherche en cours sont mis en œuvre à grande échelle, les gouttes de pluie, l'humidité de l'air ou les algues pourraient à l'avenir fournir de l'énergie électrique.

D'ici
2050,

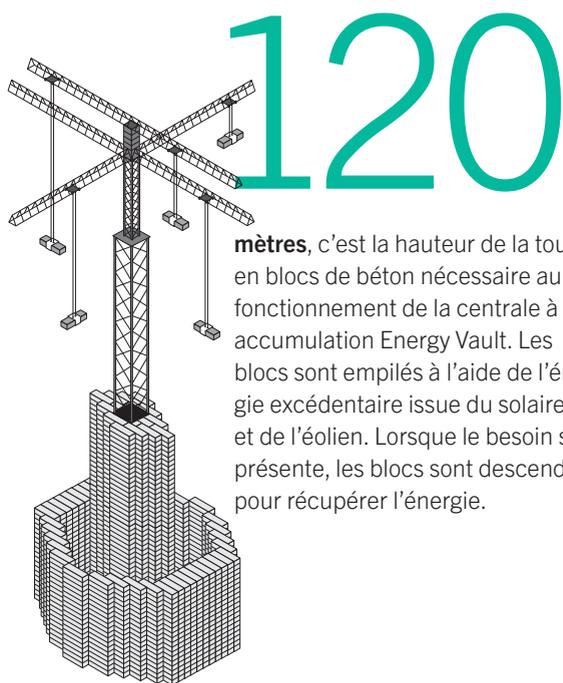
la Suisse aura transformé son approvisionnement énergétique pour qu'il soit neutre sur le plan climatique. C'est l'objectif déclaré de la **Stratégie énergétique 2050**. Pour cela, on mise presque entièrement sur les énergies renouvelables tout en réduisant la consommation avec des mesures d'efficacité énergétique.

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
80%

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



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.

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.



Un important réservoir d'énergie. Les barrages suisses stockent de grandes quantités d'énergie pour la Suisse et l'Europe.

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.



Prosommateurs. On consomme de plus en plus là où on produit.



La force du vent. L'énergie éolienne de la mer du Nord contribue à la sécurité de l'approvisionnement.

Locale et décentralisée. Aujourd'hui, la production d'électricité se diversifie à vue d'œil et a lieu à la fois au niveau local et très loin.





Parmi nous. La rivière est encore un lieu de plaisir, mais bientôt, elle fera fonctionner une centrale au fil de l'eau.



« Chaque kilowattheure d'énergie renouvelable compte. »



Cinq questions posées à Michael Frank lors d'une brève interview:
youtube.com/swissgridag

La production d'électricité est soumise à des changements fondamentaux. La Suisse est bien placée en matière d'énergies renouvelables, mais il faut développer plus rapidement les capacités de production et de stockage.

Nous consommons de l'électricité sans nous soucier de sa provenance. Comment se présente le mix de production aujourd'hui ?

En Suisse, nous avons le grand avantage que notre production d'électricité est pratiquement exempte de CO₂. Le mix de production se compose d'environ 60% d'énergies renouvelables. L'énergie hydraulique représente de loin la plus grande part, tandis que les autres sources d'énergie renouvelables n'en constituent toujours qu'une petite partie. Le reste du mix repose sur l'énergie nucléaire et sur un peu d'énergie fossile.

Ces derniers temps, on a beaucoup entendu parler de pénurie d'électricité. Qu'en est-il de notre sécurité d'approvisionnement ?

Nous avons et aurons toujours de quoi nous éclairer. Mais il existe diverses raisons pour lesquelles les pénuries deviendront plus probables à l'avenir. D'une part, nous n'avons toujours pas d'accord sur l'électricité avec l'UE, ce qui a un impact négatif sur la capacité d'importation de la Suisse. D'autre part, nous avançons encore beaucoup trop lentement dans le développement des énergies renouvelables. Tout cela dans un contexte d'électrification croissante dans le secteur de la mobilité et de la production de chaleur en Suisse. Cela signifie que, malgré toutes les mesures d'efficacité énergétique, nous aurons besoin de plus d'électricité à l'avenir, et non de moins.

Un approvisionnement autarcique en électricité est-il envisageable pour la Suisse ?

Si l'on considère l'approvisionnement en électricité sur l'ensemble de l'année, nous pourrions déjà être autosuffisants. Seulement, la production et la consommation ne sont pas réparties de manière égale: en été, nous exportons, et en hiver, nous dépendons des importations. Nous ne pouvons donc pas fonctionner en autarcie. Il est important de concentrer les mesures visant à renforcer la sécurité d'approvisionnement sur l'hiver. Nous devons réduire notre dépendance aux importations et disposer d'une réserve de deux à trois semaines dans nos accumulateurs.

L'avenir de l'approvisionnement pourrait être un mélange d'auto-approvisionnement et d'interconnexion intelligente avec l'Europe. Comment jouer sur ces deux tableaux ?

En se disant que chaque kilowattheure d'énergie renouvelable compte. Autrement dit, qu'il est essentiel de produire autant d'énergie renouvelable que possible dans notre pays. Mais même dans ce cas, nous sommes tributaires des échanges avec l'Europe. Il faut maximiser leur efficacité et minimiser les barrières, afin que nous, et en particulier Swissgrid, puissions traiter d'égal à égal avec nos partenaires européens. L'objectif doit être un mode actif sous la forme d'un accord bilatéral sur l'électricité, et non un mode aveugle et réactif comme celui qui prévaut actuellement.

D'après vous, d'où proviendra l'électricité à l'avenir ?

De prime abord, la réponse est: de la prise de courant. Mais il faut regarder de plus près ce qui se passe derrière cette prise. Le monde de l'électricité est en pleine mutation. Nous savons que nous devons prochainement arrêter nos centrales nucléaires et compenser aussi vite que possible avec des énergies renouvelables supplémentaires. L'efficacité énergétique – dans le sens de non-production et non-consommation – jouera également un rôle important pour atténuer l'augmentation de la demande. Pour maintenir la stabilité des réseaux, le stockage flexible de l'énergie, des batteries aux barrages, va continuer à gagner en importance.

Faut-il adapter les réseaux électriques ?

Les réseaux électriques, qu'il s'agisse de réseaux de distribution ou de transport, n'ont pas été conçus pour la production décentralisée. Celle-ci implique davantage de contraintes et de volatilité et doit fonctionner dans plusieurs directions. C'est pourquoi il faut investir dans la transformation, voire dans l'extension du réseau. Ce dernier doit devenir plus intelligent, car la décentralisation s'accélère, avec une multiplication des petites installations volatiles et des acteurs côté producteurs et côté consommateurs.

Vous évoquez les réseaux intelligents. Comment la numérisation transforme-t-elle la branche de l'électricité ?

Sans numérisation, il ne serait pas possible d'exploiter efficacement les réseaux et de les gérer de manière intelligente pour détecter immédiatement les pénuries ou les surplus, par exemple. En outre, la numérisation permet de nouveaux domaines d'activité pour la branche de l'électricité, comme dans le domaine du bâtiment, où la production, la consommation et le réseau se déplacent à vue d'oeil. La numérisation entraîne une démocratisation de la production, qui n'est plus exclusivement réservée aux grands acteurs.

Cela signifie-t-il que tout le monde peut devenir producteur ?

Oui, c'est ça : le consommateur devient prosummateur. Et cela aurait des avantages. La décentralisation qui en découle entraîne une croissance du marché de l'électricité. C'est une situation de départ confortable, car le gâteau grossit à vue d'œil. Mais en même temps, nous sommes obligés d'avoir une



Portrait
Michael Frank

Michael Frank est directeur de l'**Association des entreprises électriques suisses (AES)** depuis mars 2011. L'AES est l'association faîtière de la branche de l'électricité et s'engage pour un approvisionnement en électricité sûr, durable et compétitif sur le marché.

Michael Frank dispose d'une large expérience professionnelle dans l'économie électrique. Il était auparavant responsable du Regulatory Management chez Xpo AG. Il a également travaillé en tant que responsable du service Regulatory Affairs chez Swisscom Fixnet SA et en tant que collaborateur scientifique à l'Office fédéral de la communication.

« Il est important de concentrer les mesures visant à renforcer la sécurité d'approvisionnement sur l'hiver. »

production décentralisée, car cela permet de produire plus et de stabiliser le système. En fin de compte, nous profitons tous de la décentralisation, que nous soyons petits ou grands producteurs.

Dans la perspective de « l'avenir énergétique », quels sont les principaux défis auxquels sont confrontés les producteurs d'électricité ?

La branche fait tout pour assurer la sécurité d'approvisionnement. Elle investit dans tous les projets réalisables afin de promouvoir le développement des énergies renouvelables dans le pays. Mais une pesée des intérêts sur un pied d'égalité, comme le prescrirait la loi sur l'énergie, n'a en réalité pas lieu : presque tous les projets sont bloqués à cause des intérêts particuliers et échouent en raison de procédures et d'oppositions. Des conditions-cadres peu attrayantes et des prix de l'électricité bas ont constitué une combinaison toxique par le passé. Personne n'investit dans un projet qui doit passer par vingt ans de procédures d'autorisation et qui n'est pas rentable. Il faut plus de sécurité dans la planification et des procédures plus rapides. Sinon, on ne pourra pas couvrir les futurs besoins supplémentaires en électricité.

Avec le développement des énergies renouvelables, le thème du stockage d'électricité devient central. Où se situe la Suisse à cet égard ?

Le stockage est l'un des thèmes les plus centraux : non seulement pour la stabilité des réseaux, mais aussi pour la sécurité de l'approvisionnement. Comment utiliser le surplus de l'été pendant la pénurie de l'hiver ? Une fois ce problème résolu, nous pourrions résoudre tous les autres. Plus les possibilités de stockage sont efficaces, plus il est facile de faire avancer notre stratégie énergétique et la décarbonisation.

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.

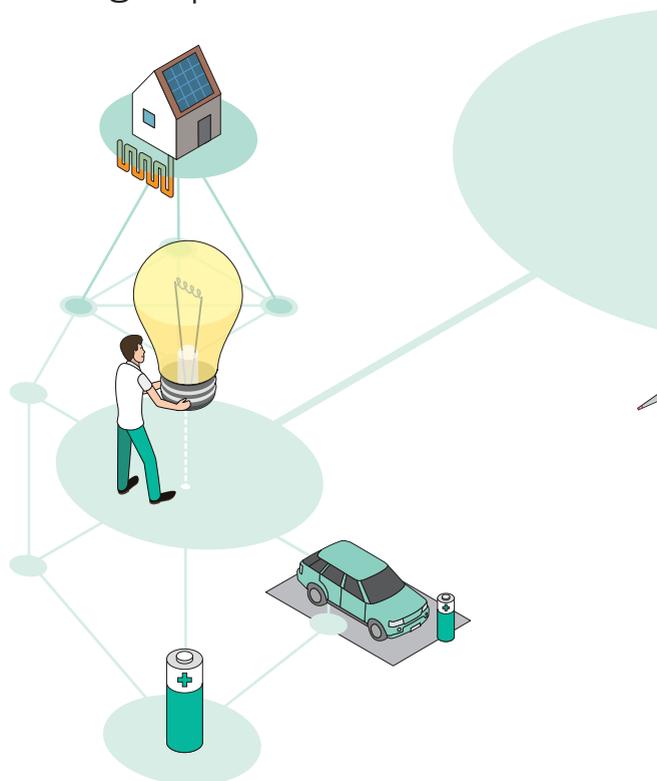
L'avenir est décentralisé

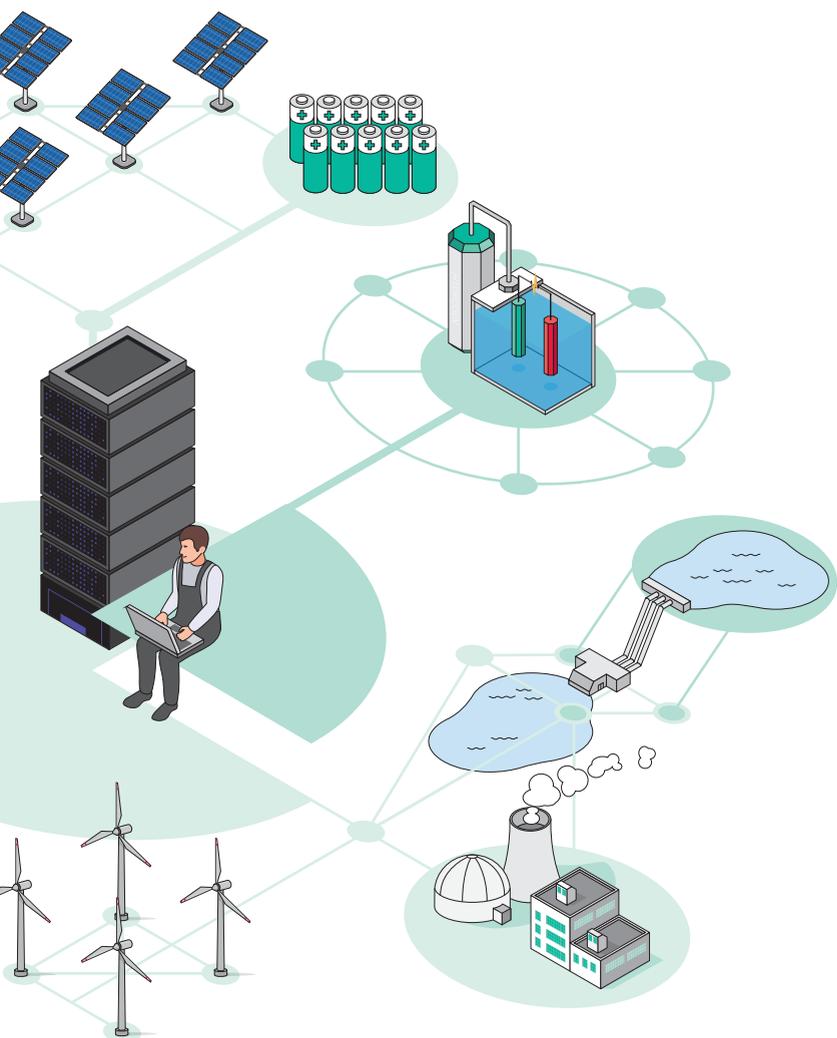
La vie sans électricité n'est plus envisageable. Il est donc bon de savoir qu'à l'avenir, les consommatrices et consommateurs produiront de plus en plus d'électricité eux-mêmes. Ils joueront alors un rôle important dans le système énergétique.

Consommateur et producteur à la fois

Sur le marché de l'énergie, les ménages ont longtemps été considérés comme de simples demandeurs. Désormais, ils ne sont plus uniquement des consommateurs; ils produisent eux-mêmes de plus en plus d'énergie de manière décentralisée. Si au moment de la production d'électricité, les ménages ont besoin d'énergie, ils la consomment aussitôt eux-mêmes. Des possibilités de stockage dans leur maison leur permettent de l'utiliser ultérieurement.

En tant que prosommateurs, c'est-à-dire à la fois producteurs et consommateurs, ces ménages gagnent en importance dans le système énergétique du futur. Grâce à une gestion intelligente de la consommation et de la production d'énergie, ils peuvent contribuer à désengorger les réseaux et à assurer leur stabilité. Ces prestations soutiennent par exemple l'équilibre entre la consommation et la production, qui est essentiel pour la stabilité du réseau.





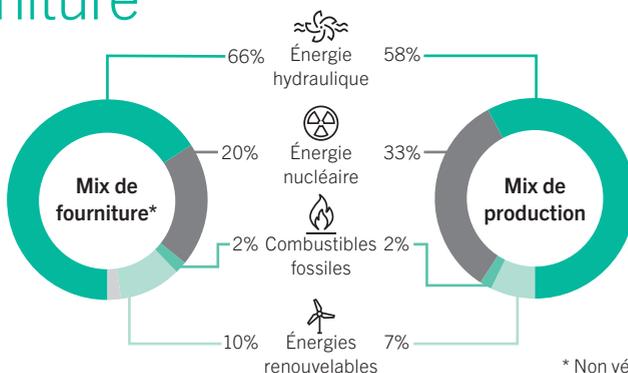
Les accumulateurs soulagent le réseau

Le réseau électrique actuel est conçu pour un flux d'énergie régulier. Avec l'émergence des énergies renouvelables, le système énergétique devra de plus en plus s'adapter à une production d'électricité fluctuante. Des accumulateurs d'électricité sont là pour pallier les fluctuations.

Comme l'électricité ne peut pas être stockée directement, il faut des possibilités de stockage pour les formes d'énergie de substitution. De tels accumulateurs absorbent l'électricité « excédentaire » sur une période prolongée et restituent l'énergie sous forme de courant en cas de besoin. Par exemple, lorsque de l'énergie de réglage est nécessaire pour stabiliser le réseau.

Mix de production n'est pas synonyme de mix de fourniture

L'électricité fournie aux prises de courant suisses ne provient pas uniquement de la production locale. Il y a beaucoup d'échanges commerciaux, avec des exportations et des importations. En conséquence, la composition moyenne de l'électricité fournie (mix de fourniture) diffère du mix de production suisse.



* Non vérifiable : 2%



« La surveillance du réseau de transport se fait en temps réel. Les équipes du centre de conduite du réseau se relaient 24 heures sur 24. »

Thuy Trang Bach Specialist System Operations



« Pour Swissgrid, la sécurité des personnes et des installations d'exploitation ainsi que la minimisation des impacts environnementaux sont des priorités absolues. »

Thomas Schärer HSE Manager

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 (7)
- swiss-emobility.ch, HEV Suisse, swissbau.ch (14)
- Association des entreprises électriques suisses, prix-electricite.elcom.admin.ch, Swissgrid (19)
- Swissgrid (21)
- Association des entreprises électriques suisses, Energy Vault, Office fédéral de l'énergie (51)
- Office fédéral de l'énergie (61)

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

Roberto Ceccarelli, Getty Images, Tom Haller, IMAGO Images, KWO (David Birri), Luxwerk, Martina Meier, Sébastien Moret, Offset, Olivia Pulver, Pro Natura, Shutterstock, Stocksy, Swissgrid

Production

Kromer Print AG, Wettingen





« L'électricité est essentielle à notre qualité de vie. Nous, le personnel, apportons notre contribution en la matière. C'est une motivation de tous les jours. »

Arbnore Berisha Financial Accountant



« 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



« Sans une technologie informatique complexe en arrière-plan, le réseau de transport ne pourrait pas être exploité. »

Patrick Mathis Senior System Engineer



« Le développement du marché de l'électricité et des services système est important pour la sécurité de l'approvisionnement. »

Stefanie Aebi Specialist Product Development

Swissgrid, la société nationale pour l'exploitation du réseau et propriétaire du réseau à très haute tension suisse, est responsable de l'infrastructure de ce dernier ainsi que de l'exploitation et de la sécurité des installations. Swissgrid contribue ainsi de manière importante à la sécurité de l'approvisionnement en Suisse.

**Avec nous, le courant passe.
Pour la Suisse.
Aujourd'hui et demain.**