

en réseau



swissgrid



Un réseau de transport performant

Comment différents éléments finissent par former un ensemble cohérent. Aperçu.

→ 4



Comment fonctionne l'extension du réseau suisse

Six phases, beaucoup de demandes, quatre exemples

→ 18

«La technologie est là pour induire le changement.»

La taille n'a pas d'importance lorsqu'il s'agit de coopération

→ 10



Dialogue sur le Réseau stratégique 2040

Anticipons ensemble le virage énergétique

→ 22

Vers l'objectif en jouant

Le changement n'est pas forcément toujours une chose sérieuse

→ 28

Chère lectrice, Cher lecteur,

Un virage est une transformation radicale, mais c'est aussi un changement de direction. Le terme de virage énergétique est donc juste: il transforme le modèle de production d'énergie centralisée en place depuis des décennies en un système décentralisé. Avec la numérisation, ces deux évolutions vont durablement modifier le secteur de l'énergie.

Dans cet environnement, Swissgrid a bien fait de miser sur les interconnexions depuis déjà de nombreuses années. Que ce soit au sein de l'entreprise, en Suisse ou en Europe, c'est l'interaction de nombreux éléments individuels qui finit par former un réseau de transport performant. L'agilité et l'esprit d'innovation, qui font partie de la culture d'entreprise, sont deux aspects tout aussi importants qui permettront à Swissgrid de participer à la conception de ce changement à court et à long terme.

Jamie Paik, développeuse en robotique à l'EPF de Lausanne, explique dans notre entretien le rôle de la technologie dans cette transformation. Ses robots de quelques centimètres parviennent à accomplir des tâches de manière collective.

Les portraits de nos collaborateurs montrent que le réseau de transport ne peut fonctionner que dans le cadre d'un travail d'équipe. Vous



pourrez également lire pourquoi la passion est une condition de base pour travailler chez Swissgrid.

Les projets de réseau dépendent également d'une bonne collaboration. La procédure d'autorisation et d'approbation à elle seule comporte six phases et nécessite d'intégrer diverses parties prenantes.

La coopération porte ses fruits, comme le montre un projet pilote dans lequel Swissgrid et ses partenaires ont développé une solution inédite pour le virage énergétique. Une plateforme de «crowd-balancing» permettra d'accéder à plusieurs milliers de ressources énergétiques décentralisées grâce à la technologie de la blockchain.

Nous vous souhaitons une agréable lecture.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Yves Zumwald'. The signature is stylized and fluid.

Yves Zumwald
CEO de Swissgrid

Un réseau de transport performant

Le réseau de transport suisse – une infrastructure indispensable à un approvisionnement sûr en électricité – se compose de multiples éléments. Le matériel, la technologie et surtout le capital humain sont les différents éléments qui finissent par former un ensemble fort et cohérent. Cinq aspects sont fondamentaux pour que cette structure puisse fonctionner parfaitement et de manière stable. Ils permettent au réseau de transport de répondre aux besoins d'aujourd'hui et de demain.



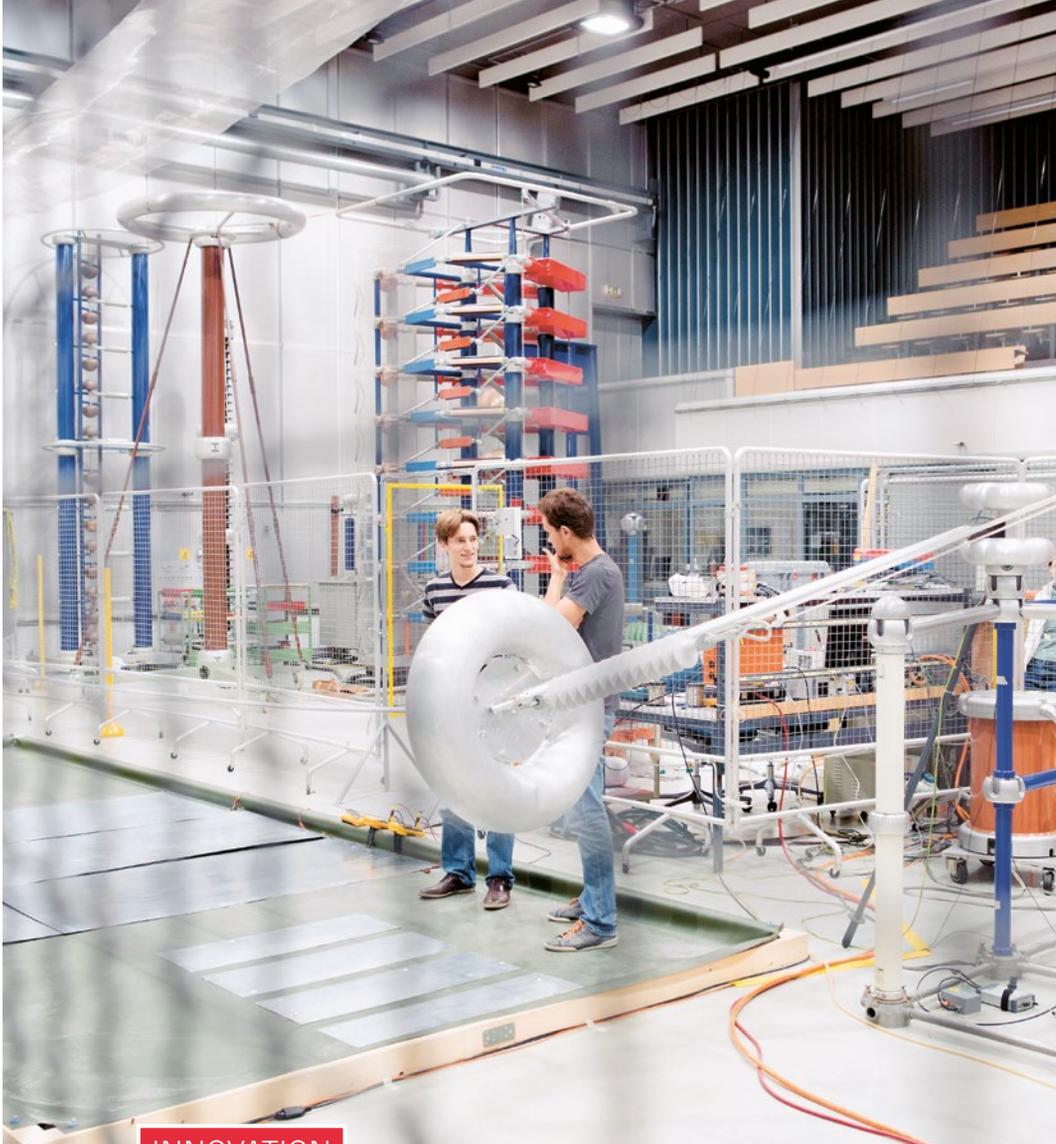


SÉCURITÉ



Pour Swissgrid, la sécurité est la priorité absolue; le réseau de transport suisse fait partie des plus fiables au monde. Pour cela, Swissgrid investit dans la **mainten-**
nance et l'entretien. Le fait que de grands arbres soient taillés à proximité des lignes en est un exemple. En effet, l'infrastructure n'est pas la seule à devoir fonctionner sans interruption: la **cybersécurité** a également un niveau très élevé. Les **collaborateurs**, qui sont formés régulièrement, jouent également un rôle important dans la protection et la sécurité.





INNOVATION



Afin que le réseau de transport soit à la hauteur des **exigences du futur**, Swissgrid développe de nouvelles technologies et méthodes nécessaires au transport efficace de l'énergie. L'entreprise participe en outre au développement des **marchés de l'électricité**. A cet effet, elle exploite les potentiels de la **numérisation** et optimise, par exemple, l'acquisition des réserves de réglage, notamment à travers **l'interconnexion et le regroupement** de ressources décentralisées, qui peuvent même prendre la forme de batteries de voitures.



INTERCONNEXION



En coopération avec les **gestionnaires de réseau de distribution suisses**, Swissgrid garantit que le courant arrive chez les ménages privés par le biais d'un total de sept niveaux de réseau. Avec 41 lignes, la Suisse est également reliée au réseau interconnecté européen. Cette **interconnexion** permet d'approvisionner les consommateurs d'électricité en Suisse et en Europe en toute sécurité. Afin que ce réseau fonctionne de manière fiable et stable, Swissgrid travaille étroitement avec les **gestionnaires de réseau voisins**.

Le réseau de transport comporte 6700 kilomètres de lignes, 12 000 pylônes ainsi que 125 sous-stations avec 147 postes de couplage. Plus de 12 000 inspections sont réalisées sur ces équipements dans le cadre des **travaux d'entretien planifiés**. La **planification stratégique du réseau** garantit la modernisation à venir du réseau de transport. C'est justement le **virage énergétique** qui modifie les exigences en profondeur, étant donné que la production, la consommation et le stockage de l'énergie sont de plus en plus décentralisés.



INFRASTRUCTURE





EXPLOITATION EN TEMPS RÉEL



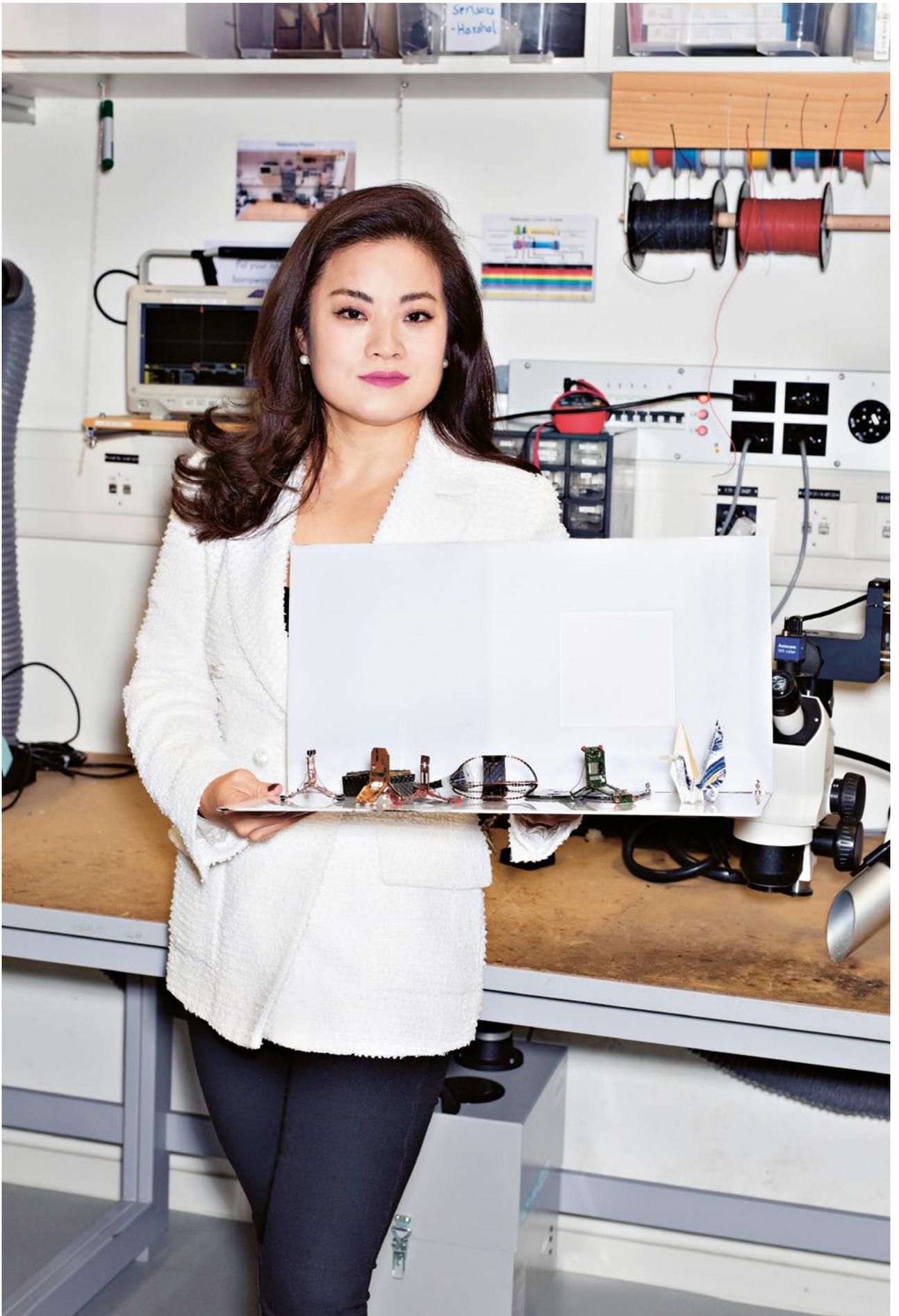
Les **centres de conduite du réseau** d'Aarau et de Prilly constituent le cœur du réseau de transport. Les opérateurs veillent à ce que le courant soit transporté et distribué dans toutes les régions du pays en temps réel, 24 h / 24 et 365 jours par an. Si le réseau se retrouve subitement en surcharge, il faut agir rapidement. Grâce à diverses **manœuvres**, les opérateurs déconnectent ou connectent des lignes dans les postes de couplage ou modifient le flux d'électricité par des transformateurs. Des spécialistes des centres de conduite du réseau des pays voisins sont parfois impliqués dans ce genre de mesures de stabilisation.

Votre société nationale du réseau de transport



En tant que société nationale du réseau de transport, Swissgrid se charge de l'exploitation, de la sécurité et de l'extension du réseau à très haute tension. Cette tâche est définie dans la Loi sur l'approvisionnement en électricité et surveillée par la Commission fédérale de l'électricité ECom.

Swissgrid emploie plus de 600 personnes hautement qualifiées, originaires de 26 pays, sur les sites d'Aarau et de Prilly et dans les antennes régionales de Castione, Landquart, Laufenburg, Ostermundigen et Uznach.



«La technologie est là pour induire le changement.»

Pour Jamie Paik, la taille des robots n'a pas d'importance. Travailler collectivement permet à ces machines miniatures de déployer leurs capacités au maximum. Cette chercheuse souhaite susciter l'enthousiasme par son travail, mais s'expose également à des questions épineuses.

Dans ses recherches, elle se concentre sur des robots de taille minime. Comment en êtes-vous arrivée à vous inspirer des fourmis dans votre travail?

Pour beaucoup de monde, des artistes aux scientifiques, la nature a toujours servi de modèle. Même le plus petit organisme est optimisé et programmé de sorte à pouvoir survivre dans son environnement. Il en va de même pour les fourmis qui possèdent nettement moins de force et de vitesse qu'un mammifère, par exemple. En revanche, lorsqu'elles travaillent toutes

ensemble, elles sont incroyablement efficaces, et font preuve à la fois d'adaptabilité et de créativité. Or c'est précisément le but de mon travail de recherche. Mon laboratoire développe des robots «origami» de taille moyenne, de plusieurs centimètres. Ils ne sont en général pas plus grands que la paume de la main, mais sont pourtant très fonctionnels et disposent d'une puissance de calcul élevée. Ils se distinguent par un design compact destiné à la production et à l'intervention, ce qui permet de créer des solutions robotiques sur mesure extrêmement rentables.

ils deviennent plus sûrs et plus intelligents, voire qu'ils arrivent à s'intégrer à part entière dans notre vie quotidienne. Pour y parvenir, ils doivent devenir plus interactifs et plus aptes à s'adapter. L'utilisateur doit se sentir à l'aise en présence de nos robots.

Une partie de vos robots coopère à travers l'intelligence collective. Que signifie ce terme?

Chez nos robots, baptisés Tribots, l'intelligence est partagée: leur force ne réside pas dans leurs performances individuelles, mais dans leur manière de coopérer entre eux, en grand nombre. Ils sont capables de travailler de concert afin d'intervenir dans des tâches complexes.

Au vu de cette performance potentielle considérable, de nombreux groupes de chercheurs travaillent sur l'intelligence collective de robots extrêmement simples. Notre groupe se concentre sur le développement et la construction de robots capables de travailler en essaim →

Portrait

La professeure **Jamie Paik** est fondatrice et directrice du Reconfigurable Robotics Lab (RRL) de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL). Ses derniers travaux de recherche portent sur la «robotique molle», notamment les robots «origami» à morphologie variable, qui se transforment, à partir d'une forme plate, en 2D ou 3D selon des motifs et séquences prédéfinis, à l'image de l'art japonais du pliage de papier, l'origami.

«Il est dans la nature des choses qu'un robot ou un système n'atteigne jamais la perfection.»



– mais aussi de façon autonome
– sur des missions complexes.
Nous croyons que notre plateforme pourra d'ailleurs améliorer notre compréhension de la robotique en essai. Nos Tribots ont effectué l'une des premières démonstrations dans ce domaine.

Vos robots peuvent-ils également être utiles dans le secteur de l'énergie?

La technologie durable ne vise pas seulement à optimiser l'utilisation et la production des robots, mais aussi leurs fonctionnalités. Les robots origami peuvent nettement réduire les coûts de production et de transport, car ils se basent sur un type de pliage 2D et sont capables de recréer différentes formes 3D une fois dépliés.

Ils sont équipés des capteurs et des processeurs les plus modernes afin d'intervenir de manière ciblée en combinaison avec les types de robots les plus divers. Les drones «robogamis» peuvent par exemple changer de taille afin de passer par des orifices étroits. Grâce à leur structure pliable, ils sont également plus faciles à stocker et à transporter.

Les robogamis peuvent par ailleurs être utilisés pour l'«energy harvesting». Au Chili, nous nous sommes servis de modules de robots origami flottants, capables de s'assembler automatiquement, que nous avons placés sur un réservoir d'eau afin

d'économiser de l'eau. Ils recouvraient toute la surface et empêchaient ainsi l'évaporation sous l'effet des rayons du soleil. Dotés de capteurs solaires, ils collectaient l'énergie afin de permettre aux modules flottants de suivre les zones ensoleillées.

Comment ces robots pourraient-ils être utiles à Swissgrid?

Les robots origami représentent une nouvelle approche dans le développement et la construction de robots flexibles et sur mesure. Cette approche permet l'automatisation et l'utilisation de technologies dans des domaines d'application souvent considérés comme peu évolutifs, trop arbitraires ou trop rares. C'est pourquoi le développement de robots adaptés a souvent été négligé, par crainte de coûts trop élevés à chaque intervention.

Grâce aux diverses conceptions, la vaste gamme de robots origami ou robots «mous» de mon groupe de recherche intervient dans de

nombreux domaines: médecine, aérospatiale, aide humanitaire ou encore divertissements. Les différentes variantes physiques possèdent toutes les mêmes technologies de base, permettant l'interaction entre les êtres humains et les robots à l'aide de plateformes intuitives et agiles.

Les Tribots n'ont jamais été conçus pour devenir des robots de contrôle. Pourtant, on pourrait envisager de modifier leur forme actuelle en intégrant des capteurs ou des émetteurs supplémentaires, afin de les utiliser pour surveiller ou inspecter des zones très vastes, éloignées, étroites ou imprévisibles. Par exemple, certains petits robots pourraient être équipés de roues pour des travaux d'inspection dans des tuyaux; d'autres pourraient être intégrés dans des drones pour les travaux en hauteur. Autre avantage: comme ils sont légers et plats, quelques robots «accidentés» ou perdus ne mettraient pas la mission en danger et ni ne grèveraient le budget.

L'idée est d'optimiser en permanence la fonctionnalité du réseau électrique. Pensez-vous achever un jour le développement de vos robots?

Il est dans la nature des choses qu'un robot ou un système n'atteigne jamais la perfection. Je ne pourrai malheureusement jamais satisfaire toutes mes ambitions: en effet, certains aspects s'excluent mutuellement. Par exemple, on veut que le robot soit aussi léger que possible, afin de minimiser la consommation d'énergie. En même temps, il doit être robuste et capable de s'adapter – or ces qualités l'alourdissent. Il n'existe donc pas de solution miracle. Par conséquent, je recherche sans cesse des compromis et j'essaie d'optimiser en permanence les tout derniers critères de conception.

Chez Swissgrid, les projets d'infrastructure sont planifiés et réalisés sur le long terme. A quelle vitesse mettez-vous vos idées en œuvre?

En neuf ans de travail à l'EPFL, nous avons développé toute une série de robots déjà fonctionnels. Il est cependant impossible de généraliser la durée de développement d'un robot, étant donné qu'elle dépend de toutes sortes de facteurs. Vais-je m'appuyer sur une technologie existante, ou plutôt explorer quelque chose de tout à fait inédit? L'un des aspects les plus intéressants dans le développement des robots origami est leur flexibilité et leur caractère modulaire. Ces deux propriétés peuvent considérablement réduire le temps de développement et de production.

Quels sont les défis des projets à long terme?

Il faut de la persévérance et garder un œil ouvert sur tout ce qui se passe autour de soi. Réinventer la roue serait du temps perdu si, quelque part dans le monde, un ou une collègue avait déjà trouvé une meilleure solution. Il ne faut pas se concentrer uniquement sur des projets directement comparables. Il se peut, par exemple, qu'un matériau développé pour fabriquer des bouchons de bouteilles se révèle idéal pour l'un de nos projets.

Dans votre travail, rencontrez-vous parfois des résistances ou des critiques?

Lorsque je raconte que je fais de la recherche sur les robots, les réactions sont très variées. Je pense qu'en tant que chercheuse, j'ai la responsabilité de bien expliquer à la fois mon travail et mes objectifs. J'aimerais que mon travail inspire les gens. La question du produit final, mais aussi des composants à développer, se pose bien entendu aussi.

Faut-il prendre des mesures visant à augmenter l'acceptation des robots, voire à réguler leur développement?

Oui et non. La technologie est là pour induire le changement. Il ne faut pas bloquer catégoriquement son évolution. Si vous travaillez avec des technologies de pointe, vous n'avez guère à tenir compte

de directives: celles-ci ne naissent que lorsque quelque chose ne fonctionne pas comme prévu. Mais, au vu de la rapidité avec laquelle les technologies évoluent, les régulateurs ont de la peine à apporter les adaptations nécessaires. Il incombe donc aux développeurs et aux entreprises de concevoir des technologies éthiquement correctes et de les utiliser à bon escient vis-à-vis des consommateurs. Si c'était toujours le cas, le problème de l'acceptation ne se poserait plus. Malheureusement, les consommateurs n'ont pas beaucoup le choix à l'heure actuelle.

Qu'est-ce qu'un Tribot?



La force et l'intelligence d'une seule fourmi sont limitées. En revanche, lorsqu'elles sont en colonie, les fourmis adoptent des stratégies complexes leur permettant d'accomplir des tâches difficiles. A l'EPFL, les chercheurs en robotique du laboratoire de Jamie Paik ont reproduit ce phénomène et développé des robots pesant dix grammes à peine. Pris isolément, chacun de ces robots présente une intelligence physique minimale, mais collectivement, ils communiquent entre eux et agissent de concert. Ensemble, ils identifient et surmontent rapidement les obstacles et déplacent des objets bien plus gros et plus lourds qu'eux.

Six personnes, six rôles, un objectif

Une multitude d'éléments forment un ensemble cohérent. Les collaborateurs sont l'avenir de Swissgrid, et ils le bâtissent tous ensemble.

Swissgrid ne limite jamais les processus à une fonction ou un service. Le réseau de transport ne peut fonctionner correctement que si tous les collaborateurs gardent une bonne vue d'ensemble. Ceci vaut pour l'exploitation opérationnelle, la planification du réseau à long terme, aussi bien que pour la détermination à long terme des compétences nécessaires au sein de l'entreprise.



PARTICIPER AU VIRAGE ÉNERGÉTIQUE
Marc Vogel
Specialist Market & System Design

Marc Vogel est chargé de réfléchir à l'aspect du réseau de transport dans 20 ans. Il dirige le projet Réseau stratégique 2040 dont le but est de préparer le réseau de transport au virage énergétique. Afin de pouvoir identifier les besoins en matière de développement, Swissgrid réalise des analyses de marché et des simulations du réseau. Etant donné que l'ensemble du secteur de l'électricité est concerné par le virage énergétique, une coordination intense avec les services internes, l'Office fédéral de l'énergie, les gestionnaires de réseau de distribution suisses, les producteurs d'électricité, mais aussi avec les gestionnaires de réseau de transport européens, est absolument nécessaire.



TOUS ENSEMBLE VERS UN OBJECTIF
Laura Künzli
Talent Acquisition Manager

Laura Künzli contribue également à l'avenir du réseau de transport. Elle est chargée du recrutement des nouveaux collaborateurs ainsi que des changements de postes internes; elle soutient les responsables hiérarchiques, de l'offre d'emploi à la décision d'embauche. Laura est convaincue que les connaissances spécialisées et une affinité pour l'informatique ne suffisent pas pour participer à la réalisation du réseau de transport de demain; seuls les passionnés et les personnes qui comprennent l'utilité du travail de Swissgrid peuvent intégrer l'entreprise.



MÛ PAR LA CURIOSITÉ
Yannick Fecke
Stagiaire

Les ingénieurs compétents en informatique sont de plus en plus recherchés, car ils sont en mesure de faire avancer les processus de numérisation. Désireux d'acquérir une expérience professionnelle dans le domaine de l'économie énergétique, mais aussi dans les logiciels et les équipements informa- →

«La planification du réseau stratégique ressemble à un puzzle. Nous tournons et retournons les pièces afin de garder les détails à l'œil, mais également une vue globale de l'ensemble.»

MARC VOGEL



«Dans la chaîne de création de valeur, Swissgrid se situe entre la production et la consommation. Cette situation me donne une vue d'ensemble très intéressante.»

YANNICK FECKE



«Le recrutement n'est pas un processus unilatéral. C'est en équipe que nous évaluons si les candidats nous conviennent. Ils doivent correspondre au profil du poste, mais surtout correspondre à Swissgrid.»

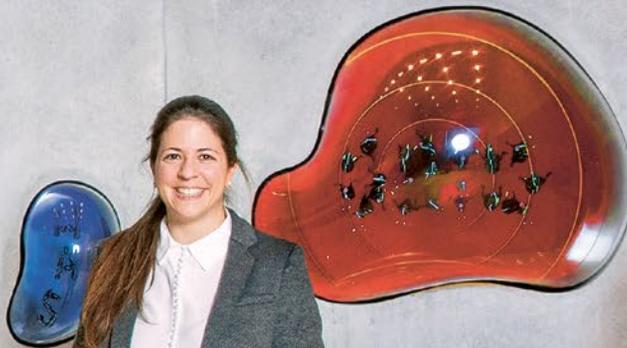
LAURA KÜNZLI

«Nous n'effectuons pas de recherche fondamentale. Notre but est de promouvoir des innovations 'bottom-up' applicables le plus rapidement possible.»

MAREK ZIMA

«Le maintien de la tension dans le réseau de transport ne fonctionne que si toutes les personnes impliquées conservent une vue d'ensemble du système lorsqu'elles en optimisent certaines parties.»

MARC HOHMANN



«Nous construisons l'infrastructure pour la génération de demain. Mais pour pouvoir prendre ces décisions, il est important de ne pas se borner à son coin de jardin et de tenir compte des avis des autres.»

MARTINA ROHRER

tiques, Yannick Fecke est à la bonne place chez Swissgrid. Cet ingénieur en génie mécanique effectue un stage chez Market Solutions où l'on travaille sur des solutions informatiques pour les marchés de l'énergie de réglage et développe de nouveaux projets.



EXPLOITER LES POSSIBILITÉS
Marek Zima
Head of Research and Digitalisation

Lorsqu'il s'agit de lancer et de mettre en œuvre des innovations, Marek Zima est toujours en première ligne. En coopération avec des experts internes, des partenaires du secteur et du monde scientifique ainsi que des start-up, le Head of Research and Digitalisation se charge du développement des technologies, des processus et des projets de numérisation. Les différentes idées sont discutées et analysées en équipe; si l'une d'elles promet des avantages rapides pour Swissgrid, on décide de s'y investir.



RÉFLÉCHIR AU LONG TERME
Martina Rohrer
Asset Portfolio Engineer

Afin que les logiciels et le matériel soient toujours opérationnels, Martina Rohrer surveille les projets de remplacement et d'extension des installations du réseau de transport pour les prochaines années, voire décennies. En tant que membre de l'équipe Strategic Grid Planning, elle analyse les données les plus diverses dans le cadre de l'évaluation de l'état de situation. Ensuite, les mandats liés aux projets de réseau sont définis en faisant appel à des équipes internes ou des partenaires externes, tels que les gestionnaires de réseau de distribution.



MAINTENIR LA TENSION
Marc Hohmann
Grid Project Engineer

Le projet de Marc Hohmann, Grid Study Engineer, est déjà en service: dans son rôle d'interface entre le développement des produits et la programmation, il a aidé à développer un régulateur de tension entièrement automatique. Ce système d'assistance peut prendre des décisions dans l'exploitation opérationnelle et donner des instructions afin que la tension dans le réseau de transport corresponde aux valeurs de consigne. Pour que ce système fonctionne, il est en relation permanente avec des fournisseurs de logiciels, des gestionnaires de réseau de distribution et des exploitants de centrales.

Swissgrid Spirit



Un savoir-faire international

Chez Swissgrid, plus de 600 collaborateurs originaires de 26 pays veillent à ce que le réseau de transport soit exploité de manière durable, fiable, efficace et non discriminatoire, au service de l'économie nationale et électrique suisse.



Un engagement pour aujourd'hui et pour demain

Intelligence, esprit d'initiative, intégrité. Fidèles à ces valeurs, nos collaborateurs s'engagent en faveur du réseau de transport et de la transformation de l'économie énergétique. A cet effet, Swissgrid encourage l'initiative et la collaboration tout en faisant preuve de respect mutuel.



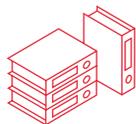
Un nom, une promesse

Chez Swissgrid, chacun est conscient du rôle d'épine dorsale de l'approvisionnement en électricité de l'entreprise. Nous remplissons notre mission en unissant nos forces et en collaborant avec nos partenaires au-delà des frontières.

Comment fonctionne l'extension du réseau suisse

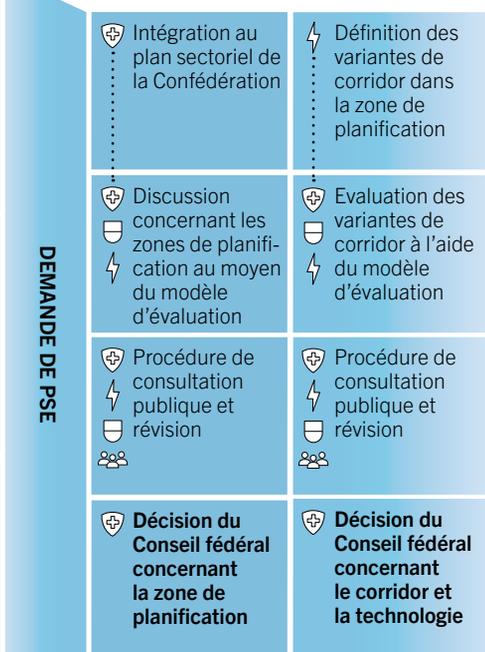
1. Préparation

Swissgrid



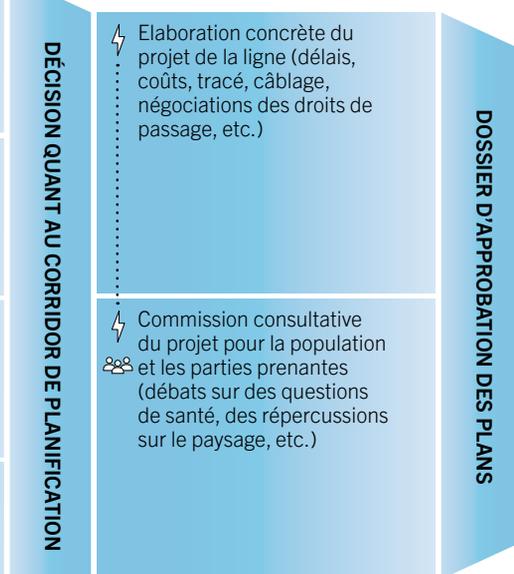
2. PSE (intégration au plan sectoriel de la Confédération)

Office fédéral de l'énergie (OFEN)



3. Projet de construction

Swissgrid



Préparation: lors de la phase préliminaire, Swissgrid élabore différents corridors de lignes câblées souterraines et de lignes aériennes pour la zone dans laquelle la ligne doit passer, et ce pour chaque projet de réseau. Swissgrid et les cantons concernés par le projet concluent un accord de coordination, qui garantit que les préoccupations des cantons sont prises en compte dès le début de la planification. Les variantes élaborées et la demande d'intégration du projet au plan sectoriel de la Confédération constituent la base pour le début de la procédure d'autorisation.

Plan sectoriel des lignes de transport d'électricité: le PSE est l'instrument de planification et de coordination principal de la Confédération pour l'extension et la construction de nouvelles lignes de transport. La procédure à deux étapes distingue la zone de planification et le corridor d'une nouvelle ligne. Un groupe d'accompagnement mis en place par l'OFEN, composé de représentants de la Confédération, des cantons, des organisations de défense de l'environnement et de Swissgrid, discute des variantes proposées et émet une recommandation. La décision est conditionnée par le Modèle d'évaluation pour lignes de transport de la Confédération. Il tient compte des aspects techniques, du développement territorial, de l'environnement et de la rentabilité. Les parties concernées peuvent prendre position dans le cadre d'une consultation publique. Le Conseil fédéral définit la zone de planification, le corridor et la technologie (ligne câblée souterraine ou aérienne) de la future ligne.

Projet de construction: lors de cette phase, Swissgrid élabore un projet de construction concret dans le respect du corridor de planification défini par la Confédération. Le tracé précis de la ligne, les délais et les coûts sont définis, ou des négociations concernant les droits de passage ont lieu. Swissgrid implique une commission consultative pour tenir compte des demandes de la population et d'autres parties prenantes dans la planification du projet. A la fin de cette troisième phase, Swissgrid dépose une demande d'approbation des plans pour le projet de réseau concerné auprès des autorités compétentes.

Des années passent entre la planification et la mise en œuvre de projets de réseau. La procédure d'autorisation et d'approbation de la Confédération, qui doit impérativement être respectée, comprend six phases. Les demandes des différentes parties prenantes jouent ici un rôle majeur. De nombreux acteurs participent à la discussion. A la fin, les autorités décident dans quel corridor et avec quelle technologie une ligne sera construite.

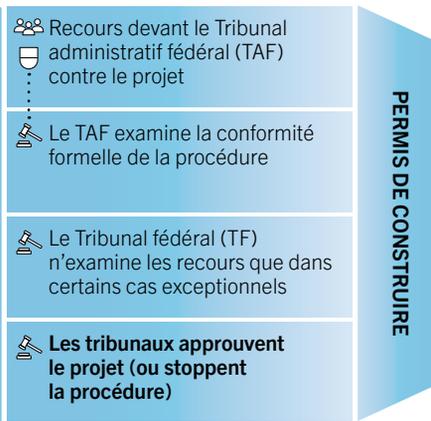
4. Procédure d'approbation des plans

Inspection fédérale des installations à courant fort (ESTI)
Office fédéral de l'énergie (OFEN)



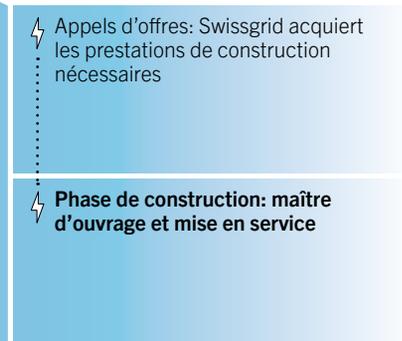
5. Procédures juridiques devant les tribunaux

Tribunaux



6. Construction

Swissgrid



Procédure d'approbation des plans : à la fin de l'étude de projet, Swissgrid dépose la demande de permis de construire auprès de l'Inspection fédérale des installations à courant fort (ESTI). Elle comporte le dossier d'approbation des plans et un rapport sur l'impact environnemental. Le projet est ensuite mis à l'enquête publique. Les participants et les personnes concernées peuvent désormais faire opposition auprès de l'ESTI. Si l'ESTI ne parvient pas à régler les différends, l'Office fédéral de l'énergie poursuit les négociations. A la fin de cette phase, les autorités accordent le permis de construire à Swissgrid ou édictent des exigences supplémentaires qui doivent être prises en compte dans la planification du projet.

Procédures juridiques : lorsque le permis de construire a été accordé pour le projet de réseau, cette décision peut faire l'objet d'un recours par les autorités, les associations ou les parties directement concernées. Le Tribunal administratif fédéral et le Tribunal fédéral décident alors si les décisions de l'Administration fédérale sont légales et si le droit a été correctement appliqué dans le cadre de recours des parties concernées. Si les tribunaux donnent le feu vert, les travaux de construction peuvent commencer. Si le recours est accepté, le projet retourne à la phase d'approbation des plans (phase 4), ou il faut recommencer la procédure de plan sectoriel (phase 2). Ces longues procédures juridiques retardent considérablement les projets de réseau.

Construction: les travaux de construction peuvent commencer lorsque le permis de construire exécutoire a été accordé, les appels d'offres ont été réalisés, les offres comparées et les lots attribués. Les dernières servitudes sont négociées et les contrats correspondants sont conclus. Le projet de réseau prend fin lors de la mise en service de la nouvelle ligne, ou après le démantèlement de lignes existantes devenues inutiles.

Explications des signes

- ⚡ Swissgrid
- 🏠 Cantons
- 🏛️ Autorités fédérales
- 👥 Population
- ⚖️ Tribunaux

Projets de réseau pour l'avenir de l'électricité en Suisse

Les procédures d'autorisation et d'approbation de différents projets d'extension du «Réseau stratégique 2025» de Swissgrid sont en cours à l'heure actuelle. Leur objectif est de garantir un avenir électrique stable et durable en Suisse grâce à un réseau de transport sûr et moderne. Quatre exemples.

Projet de la sous-station de Mühleberg

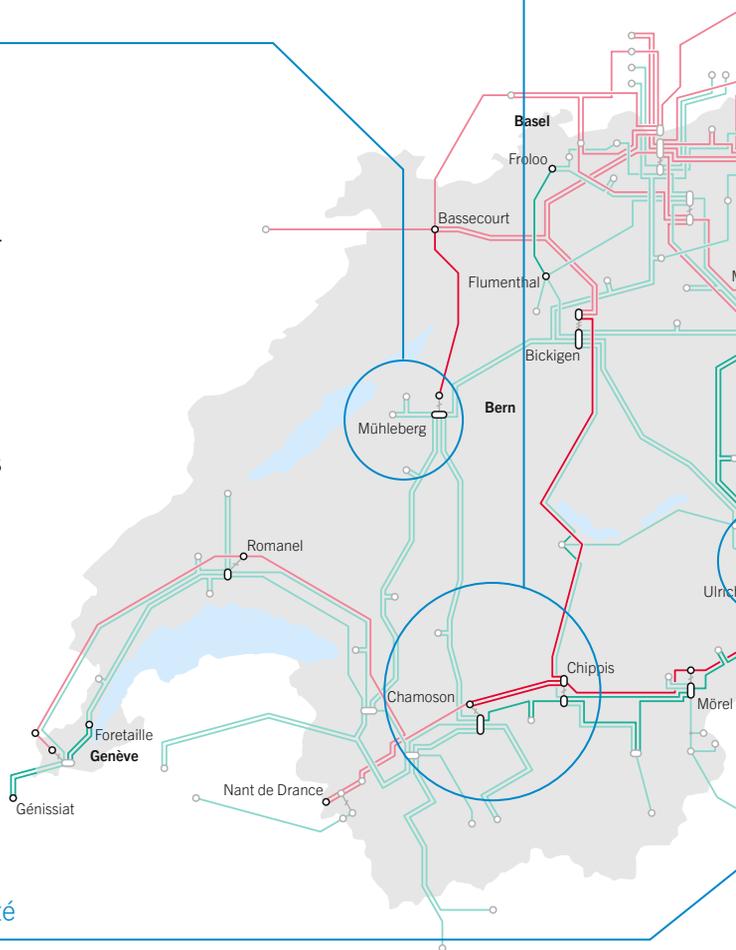
Statut: construction



Un nouveau transformateur à très haute tension

Le nouveau transformateur de la sous-station de Mühleberg vise à garantir l'approvisionnement sûr de l'agglomération bernoise et du Plateau. L'arrêt de la centrale nucléaire de Mühleberg fin 2019 a entraîné une diminution de la production d'énergie suisse. Une hausse de production des centrales électriques suisses ou l'importation d'électricité devront compenser cette baisse de l'injection à moyen terme. Cet aspect est particulièrement important en hiver, lorsque la Suisse doit importer de l'énergie supplémentaire. La construction du transformateur s'est achevée fin 2020. De plus, Swissgrid a besoin de l'augmentation de la tension entre Bassecourt et Mühleberg, actuellement retardée par une procédure juridique.

Le nouveau transformateur de la sous-station de Mühleberg vise à garantir l'approvisionnement sûr de l'agglomération bernoise et du Plateau. L'arrêt de la centrale nucléaire de Mühleberg fin 2019 a entraîné une diminution de la production d'énergie suisse. Une hausse de production des centrales électriques suisses ou l'importation d'électricité devront compenser cette baisse de l'injection à moyen terme. Cet aspect est particulièrement important en hiver, lorsque la Suisse doit importer de l'énergie supplémentaire. La construction du transformateur s'est achevée fin 2020. De plus, Swissgrid a besoin de l'augmentation de la tension entre Bassecourt et Mühleberg, actuellement retardée par une procédure juridique.



Projet All'Acqua – Vallemaggia – Magadino

Statut: plan sectoriel des lignes de transport d'électricité



Démantèlement et augmentation de capacité vont de pair

La ligne de 220 kV existante de 74 kilomètres entre All'Acqua, dans la vallée de la Maggia, et Magadino doit être remplacée par une nouvelle ligne. Le projet, né

d'une étude commune du canton du Tessin, d'AET, des CFF et de Swissgrid, vise à augmenter la capacité de transport du réseau et à améliorer le transport de l'énergie produite par les centrales hydroélectriques de la vallée de la Maggia. Après la mise en service de la nouvelle ligne, il sera possible de démanteler environ 60 kilomètres de lignes aériennes devenues inutilisées. La mise en service est prévue pour 2030.

Projet Chamoson – Chippis

Statut: construction



Pour l'énergie hydraulique et la sécurité d'approvisionnement

La construction de la nouvelle ligne aérienne de 30 kilomètres entre Chamoson et Chippis est indispensable afin de transporter l'énergie

hydraulique produite en Valais, notamment celle produite par la centrale de pompage-turbinage de Nant

de Drance, vers les centres de consommation du Plateau. Ce projet permet à Swissgrid d'éliminer l'une des principales congestions du réseau de transport suisse. Le tracé de la nouvelle ligne aérienne de 380 kV, qui comporte 77 nouveaux pylônes, est plus éloigné des zones d'habitation que la ligne actuelle. Le regroupement des lignes de Swissgrid, des CFF et de Valgrid sur ces pylônes permet de démanteler près de 90 kilomètres de lignes actuelles ainsi que 322 pylônes dans la vallée du Rhône.

Projet Innertkirchen – Ulrichen

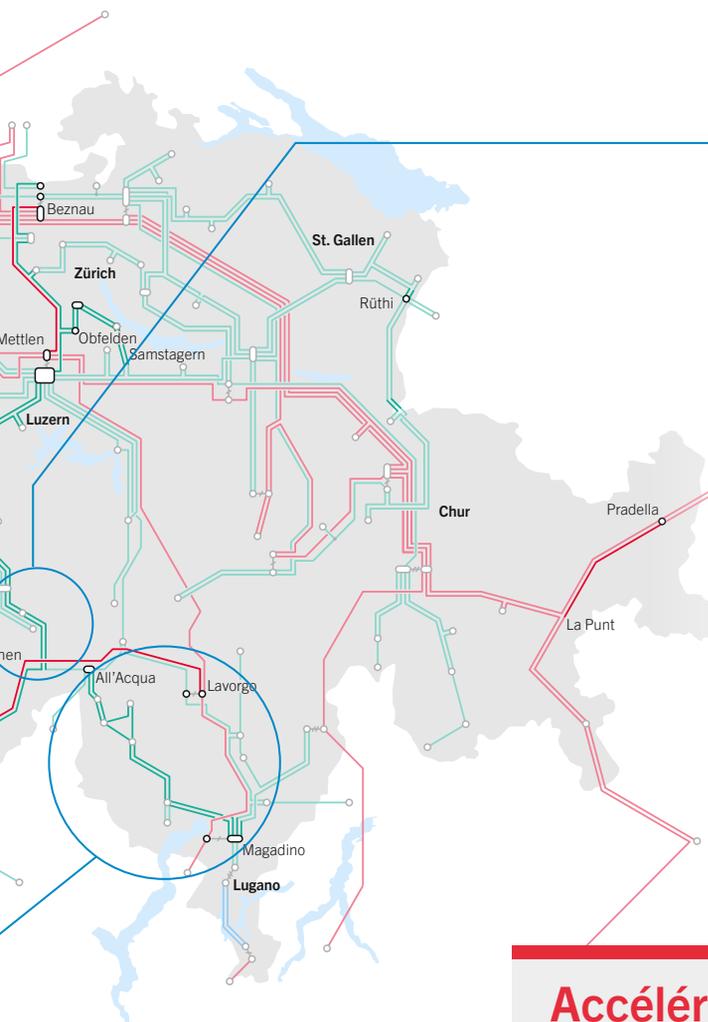
Statut: plan sectoriel des lignes de transport d'électricité



Une liaison sûre entre le Haslital et la vallée de Conches (Obergomms)

La ligne à très haute tension entre Innertkirchen, dans le canton de Berne, et Ulrichen, dans la vallée de Conches, est longue de

près de 27 kilomètres. Elle passe par le col du Grimsel à l'heure actuelle et date de plus de 60 ans; elle doit impérativement être modernisée. Par la même occasion, sa tension sera augmentée de 220 à 380 kV. Elle permettra ainsi de transporter l'électricité produite par les centrales hydroélectriques de la région. Swissgrid a élaboré différentes variantes de lignes aériennes et de lignes câblées souterraines. La décision du Conseil fédéral quant au corridor de planification est prévue pour fin 2022.



Accélérer l'extension du réseau



La modernisation de l'infrastructure de réseau est essentielle à la réussite de la stratégie énergétique de la Confédération. Cependant, l'extension du réseau ne parvient pas à suivre le rythme du développement des énergies renouvelables. Par ailleurs, il existe déjà aujourd'hui des congestions structurelles sur le réseau de transport. Swissgrid doit régulièrement demander aux centrales

électriques de restreindre leur production. Il est donc extrêmement important d'accélérer l'extension du réseau grâce à des procédures d'autorisation et d'approbation efficaces.

Apprenez-en plus sur les projets du «Réseau stratégique 2025» sur [swissgrid.ch/projetsdereseau](https://www.swissgrid.ch/projetsdereseau)

Dialogue sur le Réseau stratégique 2040

Le réseau de transport constitue l'épine dorsale d'un approvisionnement sûr en électricité, d'une économie compétitive et d'une société moderne. Afin de pouvoir continuer à répondre aux besoins futurs, Swissgrid établit périodiquement un plan de développement pluriannuel – le Réseau stratégique 2040.



Vient ensuite la mise en œuvre qui dure entre 10 et 20 ans. Le dernier plan pluriannuel (Réseau stratégique 2025) a été établi en 2015 et se trouve en cours de réalisation.

Phase 5 | Publication



Swissgrid publie le plan pluriannuel du Réseau stratégique 2040.

Phase 4 | Examen



Le Réseau stratégique 2040 est présenté à la Commission fédérale de l'électricité ElCom pour examen. Celle-ci dispose de neuf mois pour vérifier et confirmer la nécessité et le caractère opportun des projets. En parallèle, le rapport est finalisé et les modifications émanant du rapport d'audit sont rapidement prises en compte.

Phase 3 | Elaboration du Réseau stratégique



En accord avec les gestionnaires de réseau de distribution suisses et les gestionnaires de réseau de transport européens, Swissgrid détermine (en neuf mois) les besoins relatifs au développement du réseau d'ici 2040. Elle procède pour cela à des simulations du marché et du réseau. La nécessité des projets de réseau est examinée du point de vue de la sécurité d'approvisionnement, de l'impact environnemental et de la rentabilité.

Phase 2 | Procédure de consultation et approbation



Le Conseil fédéral valide le scénario-cadre en vue de le soumettre à une procédure de consultation publique. A la fin de celle-ci, il approuve le scénario-cadre et crée ainsi une base de planification (ne pouvant plus faire l'objet d'un recours), destinée à la planification pluriannuelle de Swissgrid et des principaux gestionnaires de réseau de distribution. Dans cette phase, les gestionnaires de réseau régionalisent également les directives nationales du scénario-cadre.

Phase 1 | Elaboration de scénarios-cadres



L'Office fédéral de l'énergie (OFEN) a élaboré plusieurs scénarios futurs illustrant l'évolution possible du secteur de l'énergie en Suisse. Ces scénarios tiennent compte des changements économiques et sociaux dans notre pays ainsi que de l'évolution de l'économie énergétique en Europe. Le scénario-cadre est réalisé en collaboration avec un groupe d'accompagnement composé de représentants des principales parties prenantes.

Le processus de planification est fixé par la loi et implique différentes parties prenantes (comme les autorités, les gestionnaires de réseau et les producteurs) de sorte à garantir un réseau sûr, performant et efficace.

**DR ANDREAS EBNER**

Responsable de la planification du réseau et des projets, membre de la Direction de BKW Energie SA

Andreas Ebner s'assure que l'extension du réseau de distribution de BKW soit coordonnée avec la planification stratégique du réseau de transport.

«Le virage énergétique signifie avant tout un énorme changement sur le réseau moyenne et basse tension. Les installations photovoltaïques, les stations de chargement des voitures électriques, mais aussi les pompes à chaleur exigent énormément plus de capacités et impliquent une extension du réseau très coûteuse. C'est pourquoi, d'une simple exploitante d'infrastructures, nous nous transformons en une experte de données intégrales, et poursuivons des approches de planification inédites. En parallèle, nous misons sur une extension du réseau raisonnée à

l'aide de tarifs de réseau basés sur les performances et de la régulation des installations photovoltaïques, par exemple.

Dans l'élaboration du réseau stratégique, nous apportons nos propres expériences dans la planification du réseau ainsi que nos connaissances sur le comportement futur des clients. Cela doit rester un processus essentiellement technique dans lequel les parties impliquées peuvent se rencontrer d'égaux à égaux, comprendre leurs défis respectifs et prendre leurs responsabilités.»

**MARC VOGEL**

Chef du projet Réseau stratégique, Swissgrid

Marc Vogel dirige l'ensemble du projet et défend les positions de Swissgrid auprès des autorités, des gestionnaires de réseau de distribution et de transport ainsi que des chercheurs.

«La planification du Réseau stratégique 2040 vise à assurer l'approvisionnement des consommateurs finaux en électricité, la commercialisation nationale et internationale de la production suisse ainsi que la capacité de stockage. Ceci garantit un transit de l'électricité sur de grandes distances, comme jusqu'à présent. Pour y parvenir, nous devons disposer d'un réseau de transport solide, capable de s'adapter aux changements. En effet, le virage énergétique implique un changement de paradigmes dans la production d'électricité et dans la consommation. Il est difficile de

prévoir la vitesse à laquelle les nouveautés deviendront réalité. Lors de la planification du réseau de transport, Swissgrid s'efforce d'exploiter encore plus efficacement le réseau existant. Ensuite, il s'agira de renforcer des lignes existantes. Ce n'est que par la suite que de nouvelles lignes seront planifiées. La régionalisation du développement de la production et de la consommation prévue dans les scénarios permet de créer une bonne base de données pour planifier le réseau selon les besoins tout en préservant les ressources.»

**FELIX NIPKOW**

Responsable du domaine spécialisé Energies renouvelables, Fondation Suisse de l'Énergie

Felix Nipkow apporte son expertise au groupe d'accompagnement de l'OFEN chargé d'élaborer les scénarios-cadres.

«Le réseau de transport du futur devra répondre aux exigences d'une production d'électricité 100% renouvelable ainsi qu'à un approvisionnement le plus local possible. En principe, le passage à une production d'énergie décentralisée, et donc à une consommation locale, a pour effet de soulager le réseau de transport.

En parallèle, l'éolien et le photovoltaïque ne produisent pas d'électricité en permanence. C'est là qu'interviennent l'énergie hydraulique et les accumulateurs, qui sont parfois directement raccordés au réseau de transport. Au lieu de produire l'électricité de manière centralisée sur quelques sites seulement et de la transporter jusqu'au consommateur final via les différents niveaux de réseau, comme jusqu'ici, les flux d'électricité circuleront dans toutes les directions à l'avenir. Cette évolution doit être prise en compte dans les scénarios de l'OFEN et la planification du réseau.

Ces calculs n'aident pas uniquement les gestionnaires de réseau dans leurs planifications; ils servent aussi à atténuer en partie les craintes de ceux qui pensent que le système électrique suisse ne sera pas à la hauteur du virage énergétique. Notre réseau électrique sera adapté à une énergie 100% renouvelable.»



DR CHRISTIAN SCHAFFNER
Executive Director de l'Energy
Science Center, EPF Zurich

En tant que «sparring partner» externe, Christian Schaffner contribue à la planification stratégique du réseau par des analyses scientifiques.

«A l'avenir, la dynamique du transit d'électricité sera nettement plus importante et, en tant qu'épine dorsale de l'approvisionnement, le réseau de transport devra être capable de suivre le rythme. Les scénarios et plans de développement du réseau doivent donc garantir un système énergétique résilient. Il ne s'agit pas uniquement de questions d'ordre technique: les énergies renouvelables vont entraîner une augmentation des échanges d'électricité avec l'étranger. Il faut donc également répondre à des questions politiques, entre autres concernant l'accord sur l'électricité européen.

Différentes évolutions difficiles à prévoir, telle l'évolution de l'électromobilité, rendent la planification à 30, voire à 50 ans, extrêmement ardue. La recherche peut participer à la planification du réseau stratégique à travers des technologies novatrices, le développement des marchés de l'électricité, ou des simulations. Pour préparer le réseau de transport du futur, toutes les parties concernées doivent discuter ouvertement et partager leurs données.»

Critères cibles du Réseau stratégique

- Garantir une modernisation techniquement sûre, écologique et économique
- Eviter les congestions structurelles et garantir une connexion internationale efficace
- Promouvoir une utilisation optimale du réseau existant, ainsi que son optimisation et son renforcement, les mesures d'extension sont envisagées en dernier recours
- Se coordonner avec d'autres gestionnaires de réseau (électricité, route, rail) afin de regrouper les infrastructures
- Se coordonner avec les exploitants de centrales, les entreprises de l'économie électrique, les cantons, les associations de défense de l'environnement
- Optimiser la combinaison entre les mesures de marché (redispatch, centrales, accumulateurs, installations de compensation) et les investissements dans les infrastructures



MARTIN MICHEL
Spécialiste réseaux, Office fédéral de l'énergie (OFEN)

Martin Michel travaille à l'OFEN et dirige l'élaboration du scénario-cadre relatif à l'économie énergétique.

«En tant que pays de transit, la Suisse joue un rôle central dans le système électrique européen. La manière dont le réseau de transport suisse va se développer dépend de l'évolution de la production d'électricité et de la demande en Europe.

Avec la croissance parfois irrégulière des énergies renouvelables, les flux d'électricité atypiques augmenteront au sein du réseau de transport suisse. Nous estimons par exemple qu'à certains moments de l'année, il y aura davantage d'électricité transportée du sud vers le nord. Il faut en tenir compte dans la planification du réseau car, à l'heure actuelle, les capacités de réseau ne sont pas vraiment aménagées pour y faire face.

Le scénario-cadre relatif à l'économie énergétique constitue la base de la planification des réseaux électriques. Il comprend des chiffres-clés sur les principaux moteurs du développement du réseau et reflète le large éventail d'évolutions possibles sur le plan de l'économie énergétique. Bien entendu, ce scénario tient également compte de l'orientation des perspectives énergétiques 2050+. Elles présentent les solutions possibles qui s'offrent à la Suisse pour rendre l'approvisionnement en énergie climatiquement neutre d'ici à 2050 sans sacrifier la sécurité de ce dernier.»

Equigy – pour un réseau de transport suisse sûr

Grâce à une plateforme de «crowd-balancing», Equigy assure un meilleur équilibre au sein du réseau de transport. La technologie de la blockchain permet d'accéder à des ressources énergétiques très diverses, qui garantissent une meilleure stabilité et une plus grande sécurité d'approvisionnement. Cela encourage également l'utilisation d'énergies renouvelables.

 **En savoir plus**
swissgrid.ch/euigy

Avec le virage énergétique, la production d'électricité est en proie à des changements radicaux. Les nouvelles sources d'énergie telles que le soleil, l'eau ou le vent sont en plein essor, mais s'avèrent moins souples et plus difficiles à planifier pour les gestionnaires de réseau. D'autre part, les besoins en électricité continuent d'augmenter du fait de la popularisation des véhicules électriques ou des pompes à chaleur pour le chauffage, par exemple.

Ces changements accentuent les fluctuations au niveau de la production et de la consommation. Le défi consiste à les équilibrer afin que le réseau de transport puisse fonctionner de manière optimale. Swissgrid entend résoudre ces difficultés grâce à des solutions novatrices telles que le projet Equigy, ou encore la plateforme de

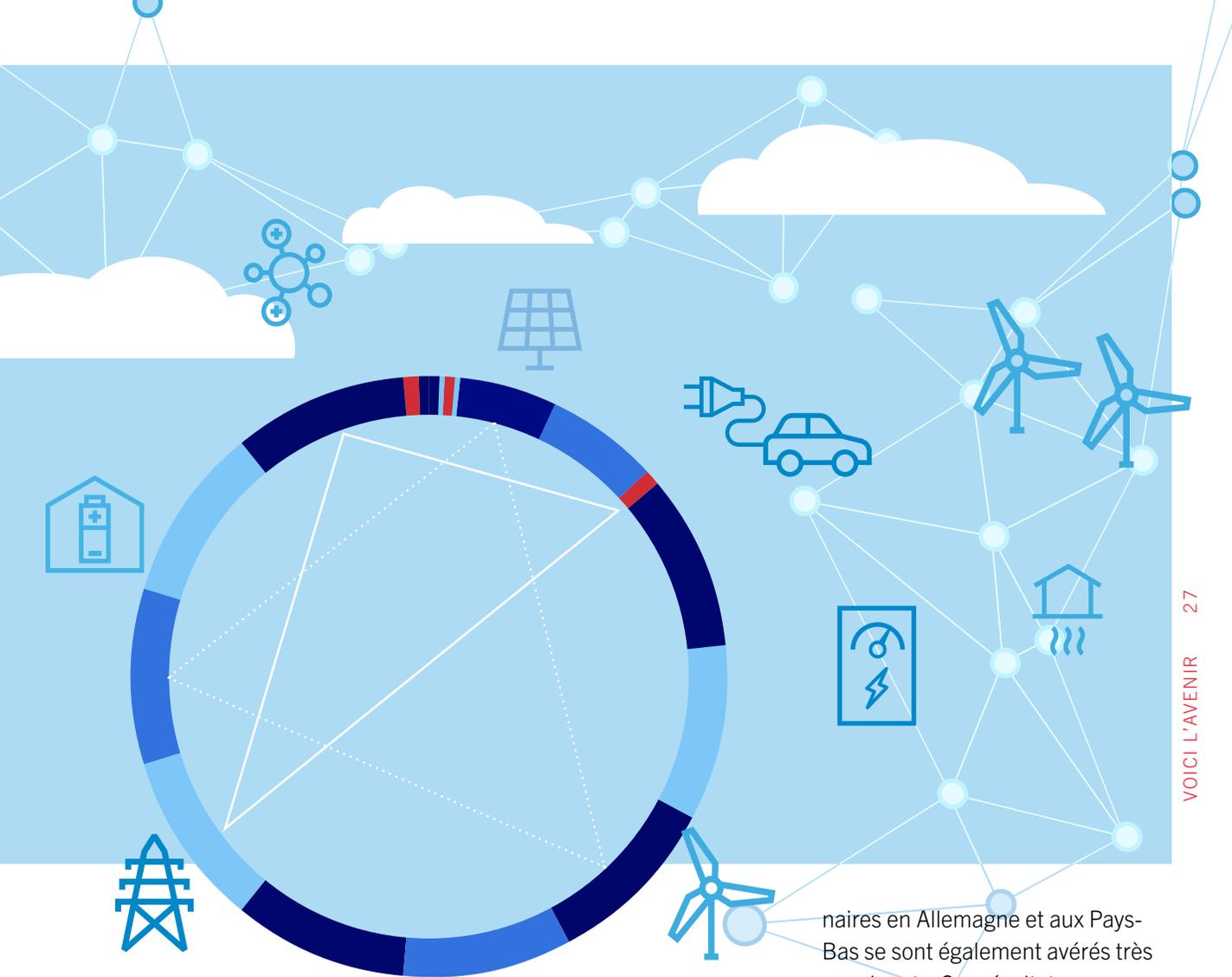
crowd-balancing lancée en coopération avec les gestionnaires de réseau de transport européens TenneT et Terna, au printemps 2020.

Flexibiliser l'électricité grâce à la blockchain

Equigy crée les conditions techniques permettant d'intégrer de petites ressources énergétiques décentralisées et flexibles pour stabiliser le réseau. De petits producteurs – comme les installations photovoltaïques, les batteries, les pompes à chaleur ou même les voitures électriques – peuvent également être utilisés comme sources d'énergie. Mais, à l'heure actuelle, la plupart des processus et systèmes informatiques reposent sur la gestion de quelques douzaines de centrales électriques, et non sur la coordination de milliers de petites installations. Avec la technologie de la blockchain, sur

laquelle se base la nouvelle plateforme, il sera possible d'agréger un nombre nettement plus important de petites unités et de traiter automatiquement de gros flux de données.

Dans la blockchain – un système décentralisé –, les données sont saisies et traitées directement pour les différentes unités. Cela garantit que toutes les informations sont à tout moment à disposition de tous les utilisateurs de la plateforme. La transparence est donc maximale et les transactions faciles à vérifier. C'est cette surveillance qui permet d'intégrer un aussi grand nombre d'unités. Le fait de ne pas pouvoir s'attaquer à un point central de la base de données rend la technologie de la blockchain extrêmement sûre. En résumé, la nouvelle technologie permet un échange rapide, transparent et sûr des



données, ce qui diminue également les cyber-risques pour les gestionnaires de réseau de transport.

Un avenir qui mise sur la sécurité (de l'électricité)

La plateforme de crowd-balancing doit être adoptée à large échelle le plus rapidement possible. En effet, plus la connexion de sources d'énergie diverses se généralisera, plus le pool d'électricité flexible et renouvelable qui pourra être géré et injecté dans le réseau de manière sûre sera large. Par ailleurs, le changement visé au sein du système énergétique devrait permettre à Swissgrid, grâce à la nouvelle technologie, de mieux contrôler les fluctuations de l'offre

et de la demande. La plateforme aide donc à promouvoir les énergies renouvelables ainsi qu'à coupler et relier les domaines de l'énergie, du chauffage et de la circulation.

Swissgrid et Alpiq ont démarré ensemble un projet pilote visant à estimer le potentiel de cette nouvelle technologie dès l'été 2020. Alpiq a pour cela connecté une batterie de 1,2 mégawatt à la plateforme. Le test, achevé au début de l'automne, a prouvé que la technologie de la blockchain peut traiter rapidement des données en temps réel importantes pour la surveillance (monitoring). Des essais chez des entreprises parte-

naires en Allemagne et aux Pays-Bas se sont également avérés très concluants. Ces résultats promettent donc une utilisation internationale de la plateforme et de ses avantages.

Equigy a déjà suscité un vif intérêt de certains acteurs du marché en Suisse et en Europe. Sur cette base, il a été décidé d'intégrer peu à peu cette technologie sur le réseau de transport suisse dans les deux ans à venir. A cet effet, Swissgrid, ainsi que TenneT et Terna, ont fondé la Joint Venture Equigy B.V., à laquelle s'est joint début 2021 le gestionnaire de réseau de transport autrichien APG. Cette étape importante permettra de mieux positionner la plateforme de crowd-balancing Equigy dans toute l'Europe.

Vers l'objectif en jouant

Changer les comportements n'est pas simple. La «ludification» (ou «gamification») est une approche très prometteuse. Intégrer des éléments ludiques dans des contextes qui n'ont a priori rien de ludique peut encourager à partir à la découverte de l'inconnu. Cette approche peut être intéressante pour stimuler le virage énergétique.

La promotion ciblée des énergies renouvelables dans le cadre du virage énergétique a une conséquence capitale: l'électricité est produite davantage de manière décentralisée à partir de petites installations photovoltaïques, éoliennes, géothermiques ou au biogaz, ce qui représente un défi pour l'exploitation des réseaux électriques. En effet, ceux-ci ne fonctionnent que lorsque la fréquence du réseau est stable, c'est-à-dire lorsque la production et la consommation d'électricité sont équilibrées.

A l'avenir, garantir la stabilité entre l'offre et la demande risque d'être plus complexe, en raison de la volatilité de la production d'électricité à partir de sources renouvelables, qui dépend souvent des conditions météorologiques. Parfois, il y aura trop d'électricité, parfois pas assez.

Ce problème pourrait se résoudre au moyen de capacités de stockage adaptées, ou en incitant les consommateurs à ajuster leurs besoins d'électricité selon la disponibilité. Dans ce dernier cas, il sera impératif de modifier les comportements – et c'est là que la ludification entre en jeu.

Les émotions comme moteurs de motivation

Lorsqu'on joue à un jeu, on est influencé par des émotions telles que la joie, le plaisir ou la satisfaction. Ces émotions sont des vecteurs de motivation pour atteindre des objectifs. La ludification exploite ces réactions. Une approche ludique doit inciter les gens à modifier leurs comportements ou à se passionner pour des tâches inintéressantes en apparence. Des éléments ludiques comme les points d'expérience, les scores, les barres de progression, les classements ou les récompenses sont transposés pour cela dans des contextes du quotidien.

Augmenter son propre score

Récemment, un fournisseur d'énergie allemand a relevé le défi de stimuler la consommation d'électricité en temps réel. En collaboration avec des professionnels de l'industrie du jeu, il a mis au point, dans le cadre d'un projet pilote, une application qui informe les utilisateurs des moments où une quantité importante d'énergie renouvelable est disponible. Si, par exemple, ils mettent leur lave-linge ou sèche-linge en route pendant cette période, des points leur sont crédités. Le crédit peut être utilisé pour réduire les propres frais d'électricité ou être offert à une organisation caritative.

Moins c'est plus

D'autres applications incitent à adopter des habitudes énergétiques plus efficaces, c'est-à-dire à réduire la consommation d'électricité. Ce n'est pas seulement intéressant pour les ménages privés, les entreprises peuvent en effet économiser des ressources – et donc réduire leurs coûts – en appliquant des approches ludiques correspondantes. L'impression de documents sur papier en est un exemple. Celle-ci consomme du courant, du papier et de l'encre. Afin de réduire cette consommation, il existe des jeux ou applications destinés à économiser l'énergie, qui motivent les collaborateurs et les équipes à imprimer moins de documents.

Dans le secteur de l'énergie, ces approches de ludification sont testées et utilisées avec un nombre de participants plutôt limité pour l'instant. Or avec le virage énergétique, des milliers de consommateurs devront être interconnectés et gérés à l'avenir. La numérisation croissante dans le secteur énergétique permettra de trouver de nouvelles solutions destinées à répondre à des défis comme la décentralisation, la flexibilisation ou l'utilisation efficace de l'énergie.

Impressum

Édité par: Swissgrid SA, www.swissgrid.ch

Conception graphique et réalisation: SOURCE Associates AG, Zurich

Concept de contenu et rédaction: open up, Zurich

Photographie: Luxwerk, Basil Stücheli, diverses sources

Production: Kromer Print AG, Wettingen

Crédits photographiques: Basil Stücheli / ETH-Rat (2, 10, 12), Getty Images (6, 7, 8), iStockphoto (2, 22/23), Luxwerk (Cover, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 17), Offset (29), Swissgrid (7, 20, 21, Back-cover), Tom Haller (2, 5, 9)

© 2021

Swissgrid SA
Bleichemattstrasse 31
Case postale
5001 Aarau
Suisse

T +41 58 580 21 11
info@swissgrid.ch
www.swissgrid.ch

Route des Flumeaux 41
1008 Prilly
Suisse

