

**Comment réussir  
la transition  
énergétique ?**

Des solutions pour  
un avenir neutre  
en carbone

---

# changes

L'industrie des process  
en mouvement

#1/22



L'objectif fait l'unanimité : notre approvisionnement énergétique doit devenir durable. Reste à trouver le moyen d'y parvenir. Avec des solutions ingénieuses en cours d'élaboration, l'industrie a entrepris la transition énergétique depuis longtemps déjà.



# Comment l'industrie de process gère-t-elle la transition énergétique ?

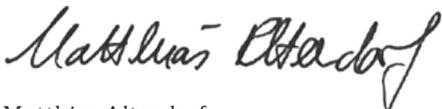
Records de chaleur au Canada, fonte du permafrost en Russie, inondations dévastatrices en Allemagne... Pour les scientifiques, cette accumulation d'événements météorologiques extrêmes est un signe du changement climatique causé par l'homme. Face à cela, la grande majorité des États sont unanimes : il faut réduire les émissions de gaz à effet de serre. Atteindre la neutralité carbone est sans le moindre doute la tâche du siècle !

Parvenir au zéro net ne sera possible que par le biais de la transition énergétique. Aujourd'hui, en effet, le monde est encore dépendant de sources d'énergies fossiles. Et l'électricité, la chaleur et les transports ne sont pas les seuls à devoir devenir neutres en carbone. L'industrie de process est de plus confrontée au défi de remplacer les matières premières à base d'hydrocarbures. L'urgence d'agir se fait de plus en plus sentir et la pression ne vient pas seulement du dialogue au sein de la société et des constats des scientifiques : les investisseurs et les actionnaires réclament eux aussi des modèles commerciaux durables.

Comment réagit l'industrie ? Elle montre une fois de plus à quel point elle est forte. Elle fait preuve d'initiative et de créativité, et travaille sur des projets concrets. Elle utilise des technologies innovantes, perfectionne des procédés établis, développe de nouvelles solutions. Chaque entreprise à laquelle je rends visite cherche, d'une manière ou d'une autre, à s'adapter, à se transformer. Je me réjouis qu'Endress+Hauser soit en position d'aider un grand nombre de clients. Dans ce numéro de *changes*, vous en trouverez quantité d'exemples.

À ce jour, il n'y a pas encore de bonne réponse pour chaque question, et toutes les solutions ne sont pas encore réalisables sur le plan économique. Il ne fait aucun doute qu'il nous reste beaucoup à faire pour gérer la transition. Mais je sens toute la détermination de l'industrie de process, la certitude que la transition énergétique réussira et que la neutralité climatique est possible. Aussi, je suis convaincu que ce que nous vivons actuellement n'est ni plus ni moins qu'une révolution industrielle verte basée sur un changement de comportements et sur le progrès technologique.

Je vous souhaite une lecture inspirante !



Matthias Altendorf  
CEO du groupe Endress+Hauser



*L'industrie montre une fois de plus à quel point elle est forte. Elle fait preuve d'initiative et de créativité, et travaille sur des projets concrets.*

# Un projet pour toutes les générations



Comment se présentera le paysage énergétique de demain ? Le poster qui accompagne ce magazine !



La transition énergétique du point de vue de l'industrie.  
Page 8

# Partenaires dans la transition



Harry Brekelmans, membre du Comité exécutif de Shell, s'entretient avec Matthias Altendorf. Page 14

# Et maintenant, tous ensemble !



Les entreprises font bouger le paysage énergétique. Page 24

# Adaptabilité



L'énergie et ses multiples facettes. Page 4

# Sommaire

## Des liens solides



Rétrospective d'une année 2021 réussie : un entretien entre Klaus Endress et Matthias Altendorf. **Page 44**



## L'hydrogène : un accélérateur

L'hydrogène est en passe de devenir une technologie clé.

**Page 18**

- 4 **Adaptabilité** Comment aborder le thème de l'énergie ? Avec des sabres laser et du chocolat.
- 8 **Un projet pour toutes les générations** La décarbonation du monde gagne de la vitesse, grâce notamment à l'industrie des process.
- 13 **Sans œillères** Le professeur Lino Guzzella réclame plus de réalisme et moins d'utopies concernant les objectifs climatiques.
- 14 **Partenaires dans la transition** Harry Brekelmans, membre du Comité exécutif de Shell, et Matthias Altendorf, à propos des atouts des longs partenariats.
- 18 **L'hydrogène : un accélérateur** Comment l'industrie parvient-elle à décarboner des secteurs entiers grâce à l'hydrogène vert ?
- 24 **En avance sur son temps** Un producteur d'énergie allemand montre comment les centrales à gaz modernes peuvent servir de technologie transitoire dans le cadre de la transition énergétique.
- 26 **CO<sub>2</sub> : uniquement dans les verres** Hofbräu München installe le calculateur d'énergie le plus moderne au monde jamais utilisé dans une brasserie.
- 27 **Une belle énergie** Pour Peter Gibas, responsable de projet, chaque watt économisé compte, dans son travail comme dans sa vie privée.
- 28 **L'avenir est en marche !** Dormir sur de la mousse au CO<sub>2</sub> ? La transition énergétique a besoin de solutions ingénieuses.
- 30 **Grandir ensemble** Les systèmes de Climeworks éliminent le CO<sub>2</sub> de l'air et utilisent pour cela des données de process d'une grande précision.
- 32 **La tension monte** L'essor de l'électromobilité fait du lithium une substance précieuse. L'extraction de matières premières a besoin pour cela de mesures précises.
- 34 **Mesure autonome** Le débitmètre Promag W 800 fonctionnant sur batteries permet un usage autonome dans des endroits inaccessibles.
- 36 **Une orientation claire** Endress+Hauser se fixe des objectifs à long terme. Cela profite à l'environnement et à la société en général, et fait progresser l'entreprise.
- 40 **Une forte poussée de croissance** Aperçu de l'exercice 2021.
- 42 **Énergie solaire et géothermie** Le nouveau Customer Experience Center Endress+Hauser au Canada est l'un des bâtiments les plus verts du pays.
- 44 **Des liens solides** Les personnes qui composent l'entreprise sont la clé de relations commerciales réussies. Klaus Endress et Matthias Altendorf en sont convaincus.

# Adaptabilité



Avant de nous intéresser aux solutions respectueuses de l'environnement qui s'offrent aux industriels, commençons par répondre à quelques questions : de combien d'énergie renouvelable dispose l'humanité ? Quel est le rapport entre notre alimentation et la transition énergétique ? Et enfin : les sabres laser peuvent-ils nous être utiles ?

Texte : Lisa Schwarz, Robert Habi

Photos et illustrations : Getty Images, Shutterstock, Tobias Cornille (Unsplash)



la quantité d'énergie que consomme actuellement l'humanité par an : c'est ce que représente l'énergie fournie annuellement par le soleil. Soit  $1,5 \times 10^{18}$  kWh. Une chose est sûre : **tant que le soleil brillera, nous en aurons assez.**

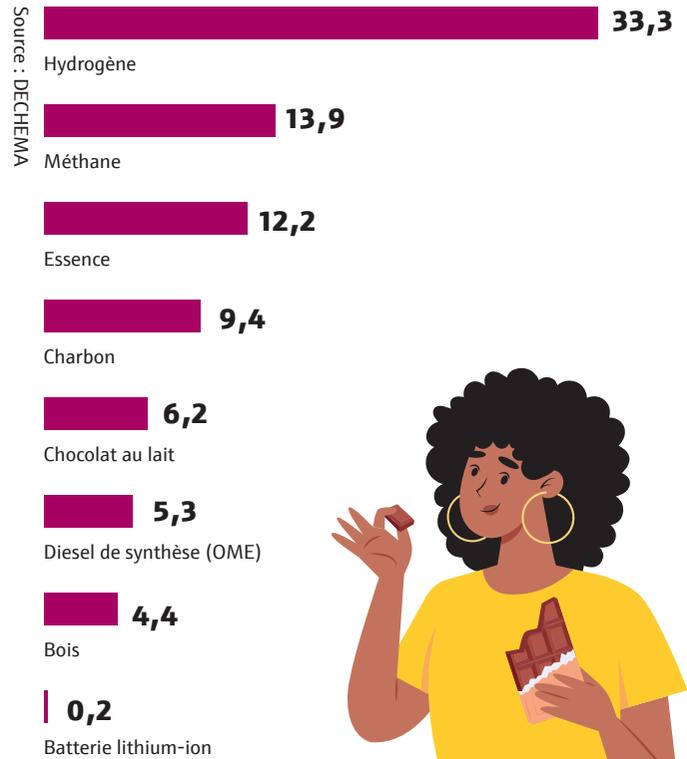
## Informatique et énergie

Alors que nous cherchons par tous les moyens à économiser de l'énergie et du CO<sub>2</sub>, nous attendons de l'intelligence artificielle et de la digitalisation qu'elles nous y aident. Or, cette technologie laisse elle-même une empreinte carbone considérable. La navigation sur Internet et tous les ordinateurs en usage, de leur fabrication à leur élimination, sont à l'origine de 2 à 4 % des émissions mondiales de CO<sub>2</sub>. Soit, plus que l'ensemble du trafic aérien. Et à lui seul, le streaming vidéo est responsable d'environ 80 % de la consommation d'électricité d'Internet.

## Pouvoir énergétique

L'hydrogène est un vecteur énergétique et un moyen de stockage prometteur. La comparaison du pouvoir calorifique des combustibles en est la preuve. Pour ce qui est de l'être humain, le chocolat restera probablement son principal carburant.

(en kWh par kg)



« Je miserais mon argent sur le soleil et la technique solaire. Quelle source d'énergie ! J'espère que nous n'attendrons pas que le pétrole et le charbon soient épuisés pour nous en servir. »

Thomas Alva Edison, qui ne manquait pas de clairvoyance, 1931

# Nos besoins énergétiques individuels augmentent

À l'époque des chasseurs-cueilleurs, chaque être humain dépensait 3 à 6 fois l'équivalent de son métabolisme de base (3 kWh), principalement pour se nourrir, s'habiller et sous forme de bois pour se chauffer.



**6 fois**

Dans les sociétés agraires (sous des latitudes plus froides), cette valeur a atteint entre 18 et 24 fois notre métabolisme basal. À cela s'ajoute l'énergie des animaux domestiques et des ouvriers agricoles.



**18 fois**

Dans les pays industriels, un être humain consomme l'équivalent de 80 fois son métabolisme basal, principalement sous forme de combustibles fossiles. Dans certaines régions d'Inde ou d'Afrique où se chauffer est rarement nécessaire, un être humain consomme environ 20 kWh d'énergie par jour ; en Chine, ce sont 75 kWh, et aux USA environ 220 kWh par jour.



**80 fois**

# 2 034 065

kilomètres

Telle est, d'après GlobalData, la longueur totale pour le moins impressionnante du réseau mondial de pipelines. Ce dernier, qui ferait près de 51 fois le tour de la Terre au niveau de l'équateur, se divise ainsi : plus de la moitié est constituée de pipelines de gaz naturel, auxquels s'ajoutent des conduites de pétrole raffiné ou brut et des pipelines de gaz naturel liquide. Le réseau à haute tension qui, avec l'électrification croissante, est amené à se développer encore à l'avenir, compte environ 5,5 millions de kilomètres de circuit électrique

(comprenant plusieurs phases). Dans le contexte de la transition énergétique mondiale, ces deux chiffres sont appelés à augmenter bien plus encore.



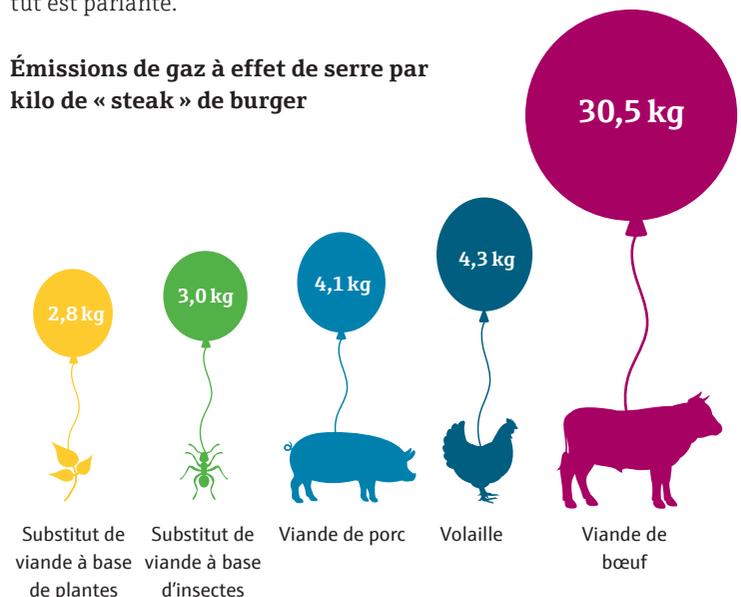
## Éclair de génie ?

Pourquoi ne capter que le soleil et le vent ? Pourquoi pas les éclairs ? Ils déchargent des tensions de plusieurs dizaines de millions de volts en direction du sol et atteignent parfois brièvement des centaines de milliers d'ampères. Ne serait-ce pas une source d'énergie idéale ? En réalité, non : la tension maximale est enregistrée avant que l'éclair se produise et une grande partie de son énergie se perd en cours de route. Seuls 16 kWh arrivent au sol sous forme de chaleur. À la bourse européenne de l'électricité, ils rapporteraient moins d'un euro.

# Manger autrement

Le rôle de l'alimentation dans la protection du climat fait débat. Il semble bien qu'une alimentation végétane constitue une clé importante pour réduire la consommation d'énergie dans l'agriculture et diminuer notre propre empreinte carbone. La comparaison d'un hamburger à base de viande de bœuf et d'un substitut est parlante.

Émissions de gaz à effet de serre par kilo de « steak » de burger





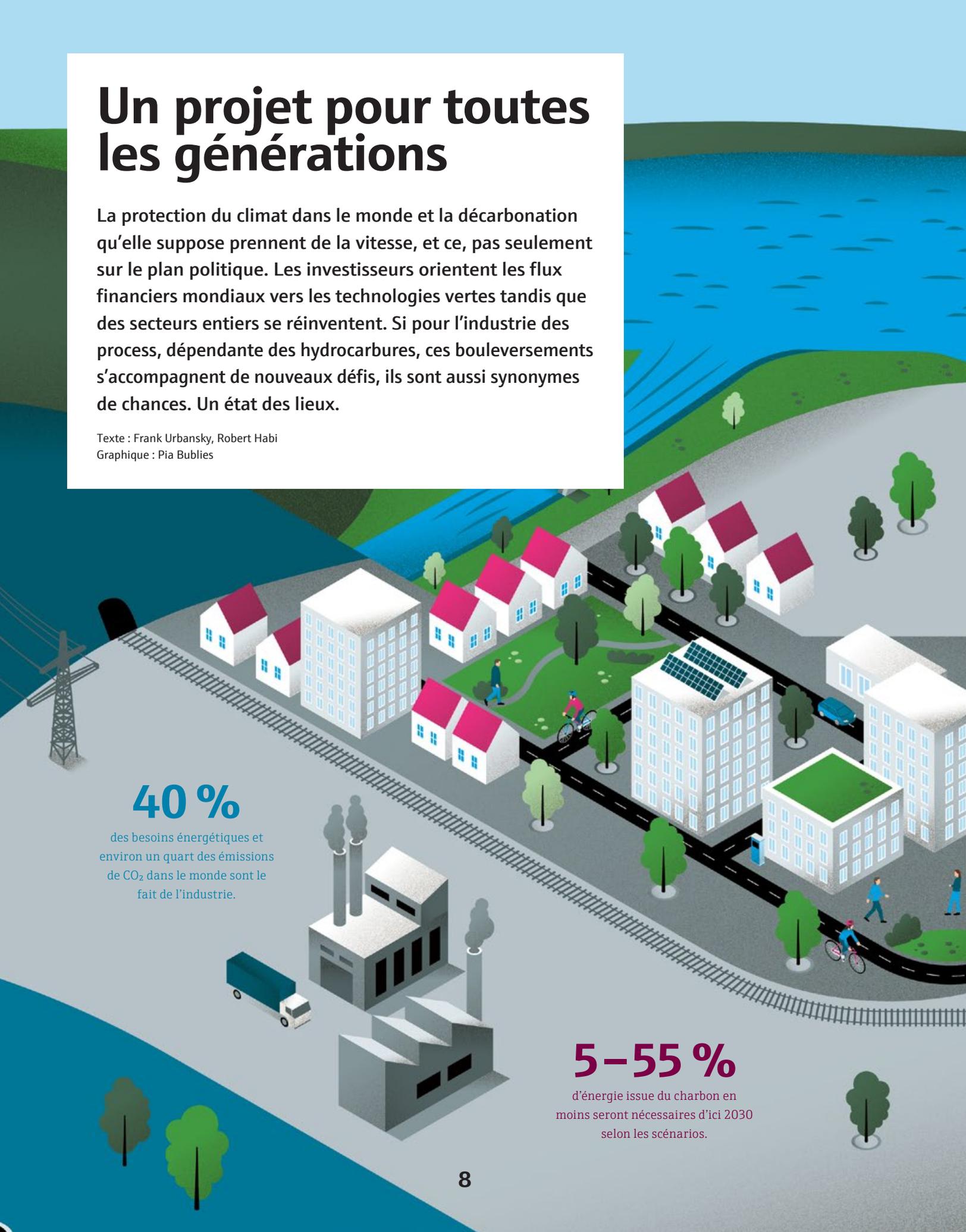
# De puissants sabres laser les gentils ont ?

Si un jour, dans une galaxie lointaine, très lointaine, les hommes devaient rencontrer maître Yoda ou ses semblables, nous aurions déjà la réponse à une question : quelle est la couleur du sabre laser le plus puissant en termes d'énergie dans *la Guerre des étoiles* ? Un étudiant de l'université britannique de Leicester a fait le calcul. Les armes rouges des méchants de la saga sont moins puissantes que les vertes, les bleues et les violettes des gentils. Nous voilà rassurés.

# Un projet pour toutes les générations

La protection du climat dans le monde et la décarbonation qu'elle suppose prennent de la vitesse, et ce, pas seulement sur le plan politique. Les investisseurs orientent les flux financiers mondiaux vers les technologies vertes tandis que des secteurs entiers se réinventent. Si pour l'industrie des process, dépendante des hydrocarbures, ces bouleversements s'accompagnent de nouveaux défis, ils sont aussi synonymes de chances. Un état des lieux.

Texte : Frank Urbansky, Robert Habi  
Graphique : Pia Bublies



**40 %**

des besoins énergétiques et environ un quart des émissions de CO<sub>2</sub> dans le monde sont le fait de l'industrie.

**5-55 %**

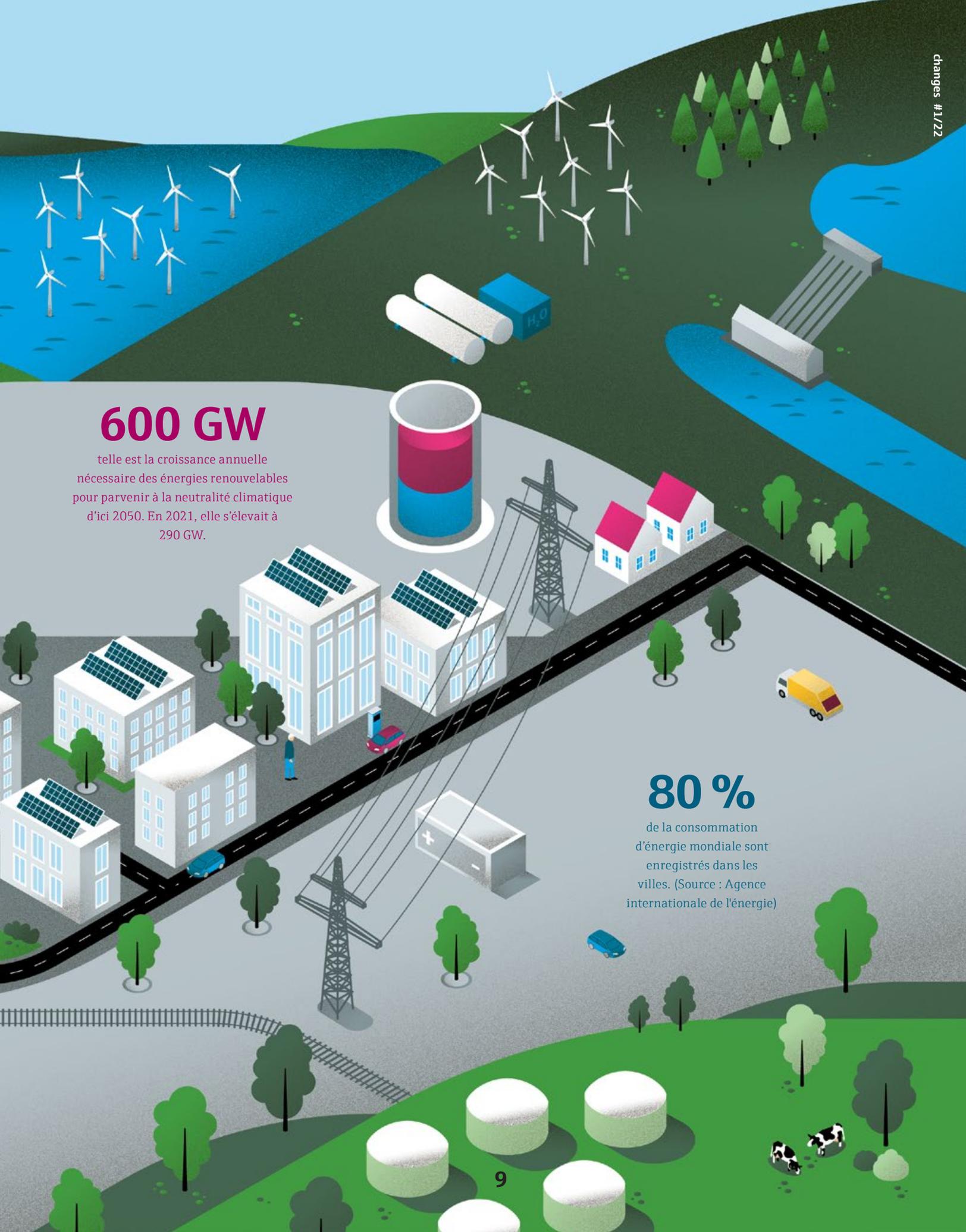
d'énergie issue du charbon en moins seront nécessaires d'ici 2030 selon les scénarios.

# 600 GW

telle est la croissance annuelle nécessaire des énergies renouvelables pour parvenir à la neutralité climatique d'ici 2050. En 2021, elle s'élevait à 290 GW.

# 80 %

de la consommation d'énergie mondiale sont enregistrés dans les villes. (Source : Agence internationale de l'énergie)



Le projet de parvenir à la neutralité climatique dans le monde peut sans aucun doute être qualifié de tâche herculéenne ; pour l'humanité entière, et l'industrie en particulier. Et elle va s'étendre sur plusieurs générations. Selon les mots de Larry Fink, PDG du leader mondial de la gestion d'actifs BlackRock : « Compte tenu des besoins de l'humanité, il va falloir repenser entièrement les process de fabrication des combustibles, des denrées alimentaires et des matériaux de construction ». Un projet auquel ont souscrit plus de 150 pays dans le cadre des accords internationaux sur le climat, avec toutefois des objectifs différents. Les États-Unis et l'UE entendent parvenir à zéro émission nette de gaz à effet de serre en 2050, la Chine, en 2060, l'Inde, en 2070.

Quels que soient les objectifs fixés au niveau politique, un grand nombre de secteurs d'activité prennent eux-mêmes les choses en main. Le passage à des process décarbonés, à des sources d'énergies renouvelables ou à de nouveaux modèles commerciaux se révèle une tâche complexe, en particulier pour les industries à forte consommation d'énergie. Quels défis vont devoir relever les secteurs énergie, chimie, pétrochimie, gaz, pharmacie, acier et ciment ? Et quelles solutions envisagent-ils pour y parvenir ?

#### LE NOUVEAU PAYSAGE ÉNERGÉTIQUE

Selon l'Agence internationale de l'énergie (AIE), 40 % environ des émissions mondiales de CO<sub>2</sub> sont attribuables à la production d'énergie issue de pétrole, de charbon ou de gaz naturel. Pour les producteurs, passer à des sources d'énergies renouvelables va constituer une tâche fondamentale au cours des prochaines décennies. Parvenir au zéro net d'ici à 2050 suppose de doubler la vitesse de développement des énergies renouvelables. Dans le même temps, le secteur de l'énergie doit relever un défi d'une grande complexité : garantir l'approvisionnement en électricité et en chaleur alors que les grandes centrales vont cesser d'alimenter le réseau.

Presque tous les pays vont donc devoir développer considérablement leurs réseaux d'électricité. Et ces réseaux vont devoir être adaptés sur le plan technique dans l'optique d'interconnecter et de contrôler une multitude de producteurs décentralisés de manière qu'ils forment des centrales virtuelles. Par ailleurs, il faut parvenir à maîtriser la volatilité de l'injection d'électricité éolienne et solaire, à l'aide par exemple de grands accumulateurs ou de solutions flexibles comme des centrales de cogénération pouvant être mises en marche et à l'arrêt rapidement. Afin de stocker de l'électricité verte sur de longues périodes, de gigantesques investissements sont prévus, en Europe notamment, dans l'objectif de produire de l'hydrogène vert grâce à des électrolyseurs. D'un point de vue économique, l'Afrique du Nord est idéale pour la production de ce gaz offrant de multiples usages.

Dans le domaine de la production conventionnelle, des centrales à charbon et à gaz modernes sont inscrites sur la feuille de route zéro net de pays comme la Chine. La cogénération ou un procédé encore en cours d'essai de captage, d'utilisation et de stockage du CO<sub>2</sub> des gaz d'échappement pourraient accroître leur compatibilité climatique.

#### DES TRANSITIONS DANS LA TRANSITION

Dans l'industrie des process, un certain nombre d'entreprises parviennent déjà à minimiser leur empreinte carbone grâce à l'usage d'énergie provenant de sources renouvelables. Dans des secteurs comme la chimie ou l'industrie du ciment, plusieurs transitions énergétiques sont nécessaires dans les chaînes de valeur. En effet, les matières premières et les process qu'elles

#### LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE DANS LE MONDE EN CHIFFRES

# 73 %

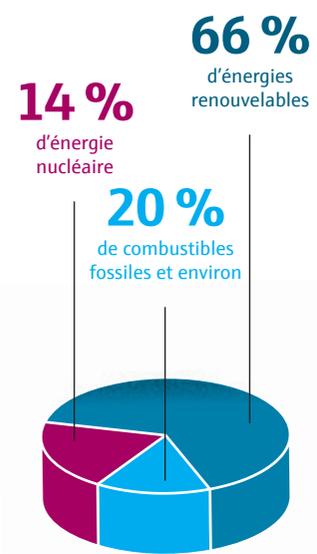
de tous les gaz à effet de serre résultent de la production d'énergie. (Source : World Resources Institute)

# 24 %

des émissions directes de CO<sub>2</sub>, y compris les émissions de process sont attribuables à l'industrie. (Source : Agence internationale de l'énergie)

# 29 %

de la production d'électricité mondiale provient d'énergies renouvelables. (Source : Agence internationale de l'énergie)



Mix énergétique pour zéro émission nette de CO<sub>2</sub> en 2050 (Source : Agence internationale de l'énergie)



## 2/5

des fonds de placement mondiaux ne seront plus investis à l'avenir que dans des projets et des technologies respectueux du climat. Tel est le montant que gère Glasgow Financial Alliance dans l'optique du zéro net avec ses 450 membres du secteur financier.

### LE PAYSAGE ÉNERGÉTIQUE DE DEMAIN

Comment se présentera le paysage énergétique à l'avenir ? A quoi ressembleront les villes de demain ? Une évolution que récapitule notre poster, inclus dans ce magazine.



utilisent émettent eux-mêmes du gaz à effet de serre. L'industrie chimique est le premier consommateur de pétrole et de gaz dans le monde. La plupart des produits comme les matières plastiques sont fabriqués à base d'ammoniac, de méthanol, d'éthylène et de propylène, autrement dit, en grande partie d'hydrocarbures. À cela vient s'ajouter la consommation d'électricité la plus élevée de tous les secteurs industriels. Autant dire que le potentiel de décarbonation est ici gigantesque.

Lorsque les entreprises chimiques optent pour des énergies renouvelables et développent des alternatives aux hydrocarbures, elles améliorent aussi le bilan climatique des industries en aval. L'hydrogène vert pourrait servir de combustible dans des centrales pour générer électricité et chaleur. Il serait également possible d'obtenir du méthanol à partir d'hydrogène produit par électrolyse et de CO<sub>2</sub> en utilisant pour cela de l'électricité verte. De nouvelles méthodes de recyclage des matières plastiques réduisent les besoins en matières premières fossiles. Seul problème de tous ces procédés : ils ne sont pas encore prêts à être commercialisés à grande échelle.

### L'INDUSTRIE DU CIMENT, UN CAS PARTICULIÈREMENT COMPLEXE

La situation n'est pas plus rose dans l'industrie du ciment, hautement énergivore, puisque, selon WWF, elle est responsable d'environ 8 % des émissions mondiales de CO<sub>2</sub>. Un tiers seulement de ces émissions sont attribuables à l'utilisation de combustibles susceptibles d'être remplacés par des alternatives neutres pour le climat. La majeure partie des émissions sont émises lors de la combustion du clinker. Selon l'Association allemande de l'industrie du ciment, le captage de CO<sub>2</sub> constitue la seule solution alternative réellement envisageable. À ce jour, elle est testée principalement aux États-Unis. En Allemagne, le projet phare « Concrete Chemicals » a pour objectif d'utiliser le CO<sub>2</sub> capté pour produire des carburants synthétiques.

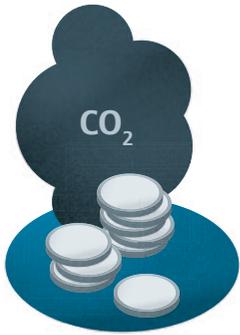
### LES COMPÉTENCES EXISTANTES AU SERVICE DE NOUVELLES APPLICATIONS

Le développement des énergies renouvelables entraînant une diminution des besoins en gaz et en pétrole, ce secteur a entrepris de transformer son modèle commercial dans son entier. L'AIE voit ici une chance pour les groupes énergétiques établis. De fait, ceux-ci possèdent les compétences nécessaires dans les domaines du stockage et du captage du CO<sub>2</sub>, de l'hydrogène, de la bioénergie et de la production éolienne offshore, ainsi que les ressources. Shell, qui s'est précisément engagé dans cette voie, entend devenir leader de la production d'hydrogène vert pour l'industrie et l'usage des véhicules. L'entreprise investit dans des carburants synthétiques et des bornes de recharge pour les voitures électriques (pour en savoir plus sur Shell, lire page 14).

### PREMIÈRE ÉTAPE : L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

Nous nous trouvons donc à l'aube d'une nouvelle ère. Selon l'AIE, toutefois, sur les quarante-six technologies développées pour parvenir au zéro net d'ici à 2050, seulement deux sont au point. Et dans la mesure où l'on ne disposera pas d'électricité verte en quantité suffisante dans un proche avenir, la question de l'efficacité énergétique va prendre d'autant plus d'importance au cours des prochaines années. Dans la plupart des cas, en effet, il est possible de mettre en œuvre les mesures nécessaires dans des installations existantes.

Les hauts-fourneaux et les fours à chaux qui laissent échapper une grande quantité de chaleur offrent par exemple un grand potentiel par le biais de



l'isolation. Cette chaleur perdue pourrait être récupérée et utilisée pour des process ou pour le chauffage urbain. Dans le secteur du gaz, on considère que réduire les fuites de méthane et mettre fin au torchage constituent le moyen le plus rentable de diminuer les émissions. Et, dans tous les secteurs, la surveillance énergétique peut contribuer à exploiter les circuits auxiliaires d'eau, d'air, de gaz, d'électricité et de vapeur avec plus d'efficacité.

#### LES MARCHÉS FINANCIERS SE METTENT AU VERT

Les grands investisseurs jouent un rôle de catalyseur de la décarbonation. Aujourd'hui déjà, ils orientent les flux financiers mondiaux vers des entreprises et des technologies respectueuses du climat. Dans sa lettre annuelle de 2022, Larry Fink, PDG de BlackRock, note à l'intention des chefs d'entreprise : « Rien n'aura plus d'impact sur les décisions en matière d'allocation des capitaux (et donc sur la valeur à long terme de votre entreprise) que votre capacité à gérer efficacement la transition énergétique mondiale dans les années à venir ». Avec 450 autres instituts financiers, BlackRock est membre de la Glasgow Financial Alliance for Net Zero. Cette alliance gère la somme astronomique de quelque 130 billions de dollars, soit plus des deux cinquièmes des fonds de placement dans le monde. À l'avenir, ces fonds ne seront plus investis que dans des technologies et des projets respectueux du climat.

#### À QUEL PRIX ?

Une question demeure : comment rendre la décarbonation comparable sur le plan économique et attractive à l'échelle mondiale. La solution la plus simple jusqu'à présent : définir un prix mondial pour la tonne d'émissions de CO<sub>2</sub>. Actuellement, soixante-quatre États appliquent cette solution, bien qu'avec des prix très variables, entre autres un grand nombre de pays de l'UE, le Canada, la Colombie et l'Afrique du Sud. La Chine a mis en place un instrument similaire pour les centrales à gaz et à charbon. Quant aux États-Unis, ils ont choisi de subventionner les entreprises qui font avancer la technologie.

Les gouvernements sont donc encore à la recherche de la valeur réelle du CO<sub>2</sub> pour le climat et l'économie. L'industrie, en revanche, donne des signaux clairs. Fin 2020, des groupes pétroliers comme BP ont réclamé une augmentation considérable du prix du CO<sub>2</sub> « afin de parvenir à une réduction durable des émissions générées par la consommation d'énergie ». Un objectif qui, comme on le sait, fait l'unanimité.

# Sans œillères

**Avec le Pacte vert, l'Europe entend parvenir à ramener à zéro les émissions de gaz à effet de serre d'ici 2050. Cet objectif est-il également réalisable à l'échelle mondiale ? Non, estime Lino Guzzella, ce n'est pas réaliste. Si ce professeur en thermotronique n'a aucun doute quant aux technologies disponibles, il s'interroge toutefois sur notre capacité à évaluer correctement les contraintes économiques et politiques.**

Propos recueillis par : Robert Habi

**POINT DE VUE**

« Zéro net » : c'est ainsi que l'UE résume sa volonté de parvenir à la neutralité carbone d'ici 2050 dans le Pacte vert. Pour bien comprendre l'ampleur de cette tâche gigantesque, il faut se demander où a lieu le changement climatique. La réponse : sur toute la planète. En 2020, l'humanité utilisait, à raison de plus de 80 %, du charbon, du pétrole et du gaz comme sources d'énergie primaire. Les énergies solaire et éolienne ne représentent encore qu'un très faible pourcentage dans le monde. Nous entendons maintenant couvrir nos besoins énergétiques – aujourd'hui cinq fois plus élevés qu'en 1950 – sans sources fossiles dans moins de 30 ans.

Sur près de 8 milliards d'êtres humains, plus de 3 milliards jouissent d'un niveau de vie élevé. Tous les autres, ainsi que les 2 milliards qui viendront s'y ajouter d'ici 2100, y ont droit également. Deux des dix-sept objectifs de développement durable de l'ONU soulignent cet état de fait. Or, accroître le niveau de vie nécessite de l'énergie et signifie donc plus d'émissions au départ. Il ne sera donc pas possible de générer une énergie climatiquement neutre pour tous d'ici à 2050. Il faudrait en effet réduire les émissions de CO<sub>2</sub> par habitant et par an cinq fois plus qu'au cours des vingt dernières années. Autant dire que cela relèverait presque de la magie. Alors, disons plutôt les choses clairement : cela va prendre plus de temps et être plus coûteux que ce que nous pensons aujourd'hui.

Si nous ne faisons pas une fixation sur l'année 2050 en revanche, nous pouvons avoir bon espoir : à long terme, nous pouvons remplacer les sources fossiles par des énergies renouvelables, et utiliser de l'hydrogène vert comme matière première pour l'industrie métallurgique, comme combustible pour les transports longue distance ou comme réserve. De même, employer des technologies comme la cogénération et continuer à améliorer l'efficacité énergétique peuvent avoir un impact positif. Les solutions techniques existent et fonctionnent.

**DU TEMPS ET DE L'ARGENT**

Toutefois, nous avons besoin de quantités gigantesques d'énergies renouvelables dans différents domaines comme l'industrie, le chauffage ou les transports. De plus, pour assurer un approvisionnement stable en électricité, le paysage énergétique et les réseaux dans le monde entier doivent être massivement développés. Cela ne se fera pas du jour au lendemain, il faudra du temps.

A cela s'ajoute le fait que le changement doit être finançable, sinon, il n'aura pas lieu. D'après une étude



**Lino Guzzella** (64 ans) est professeur au département de génie mécanique et des procédés à l'EPF de Zurich. Ingénieur en génie mécanique suisse italien, il fait, depuis des dizaines d'années, des recherches sur les moyens d'optimiser les systèmes de conversion de l'énergie.

de Goldman Sachs, plus de 60 % des émissions de dioxyde de carbone peuvent être réduites à un prix inférieur à 100 \$ par tonne de CO<sub>2</sub>. Il faut pour cela recourir entre autres à des méthodes impopulaires auprès des activistes pour le climat comme remplacer les centrales thermiques au charbon par des centrales à gaz performantes dans la région Asie-Pacifique. De telles mesures réduiraient rapidement les émissions de carbone de moitié dans ces pays. Il existe d'autres mesures encore susceptibles d'être mises en œuvre assez rapidement comme l'isolation thermique des bâtiments et l'augmentation de l'efficacité énergétique grâce à des capteurs, à la régulation et à l'automatisation, ce qui, par ailleurs, permettrait de faire des économies. Commençons donc par cela ! Électrifier la mobilité ou rendre l'industrie neutre pour le climat est bien plus coûteux.

Pour nous approcher plus rapidement et à des coûts moins élevés du zéro net, nous devrions modifier notre stratégie. Nous devons nous intéresser, sans ceillères, au développement d'un grand nombre de technologies. Il faudra également réduire les émissions en dehors du secteur de l'électricité. Et il conviendra d'explorer et de mettre en œuvre systématiquement des possibilités telles que le stockage ou le captage du CO<sub>2</sub> de l'atmosphère.

Pour moi, la principale tâche de la politique ne consiste pas à imposer des technologies, mais à négocier un prix mondial pour les gaz à effet de serre. De fait, le défi mondial que représente le changement climatique ne saurait être relevé qu'à l'échelle mondiale. Si l'Europe prenait les devants, son industrie serait désavantagée sur le plan compétitif et, ironiquement, elle pénaliserait précisément les entreprises qui font le plus d'efforts pour protéger le climat. Nous ne trouverons une solution équitable et efficace à l'échelle mondiale que si tous les grands acteurs économiques vont dans le même sens et avec la même vigueur. Si nous restons ouverts à la technologie et mettons honnêtement en balance coûts et utilité, nous parviendrons à limiter le réchauffement de la planète. Pour cela, nous devons toutefois trouver le courage de dire des vérités dérangeantes.

*“Le changement doit être finançable, sinon, il n'aura pas lieu.”*



Endress+Hauser est depuis plus de dix ans l'un des fournisseurs clés du groupe énergétique Shell en matière de mesure des process. Pourquoi des partenariats de longue date comme celui-ci sont-ils si importants dans un contexte de changements fondamentaux ? Harry Brekelmans, membre du Comité exécutif de Shell, et Matthias Altendorf, CEO d'Endress+Hauser, répondent.

Questions : Laurin Paschek et Martin Raab  
Photographie : Christoph Fein

# Partenaires dans la transition

## Monsieur Brekelmans, Shell souhaite atteindre un bilan de CO<sub>2</sub> neutre d'ici 2050 et sera ainsi pionnier dans son secteur. Pourquoi ce changement de stratégie radical ?

**Brekelmans :** Je travaille depuis plus de 30 ans pour Shell et si j'ai constaté une chose, c'est que c'est une entreprise très dynamique. Pour Shell, le changement n'est pas une nouveauté. Nous nous sommes toujours intéressés à de nouveaux secteurs d'activité, avons développé de nouvelles technologies tout en garantissant leur viabilité financière. Cela a été le cas avec l'introduction des biocarburants et nos recherches sur l'hydrogène en tant que source d'énergie par exemple. Cette attitude nous a permis de devenir l'un des plus grands groupes énergétiques du monde. Transformer l'entreprise pour parvenir à un bilan carbone neutre d'ici à 2050 n'en reste pas moins une tâche considérable. Une tâche à laquelle nous nous attelons parce que la société, nos actionnaires et nos clients le demandent. Et nous allons le faire en dialogue constant avec eux.

### Quel est le principal défi de cette transformation ?

**Brekelmans :** Il y en a toute une série. Le calendrier est certainement un point important. Si l'entreprise change trop vite par exemple, nous risquons d'être défavorisés en termes de compétitivité et de perdre des points par rapport à nos concurrents mondiaux. Nous risquerions aussi de manquer d'endurance pour mener le changement à bien jusqu'au bout. D'un autre côté, si nous agissons trop lentement, nous risquons de ne pas parvenir à notre objectif. Il nous faut donc trouver le juste milieu et c'est précisément la raison pour laquelle nous voulons mener cette transformation en accord avec les attentes de la société et de nos actionnaires.

### Monsieur Altendorf, la tâche est immense, avez-vous déjà connu un bouleversement comparable dans le passé ?

**Altendorf :** Personnellement, je me souviens de l'introduction du pot catalytique sur les voitures dans les années 1970 et 1980 afin de lutter contre les pluies acides. À cette époque, le législateur a conduit toute une industrie à se transformer parce qu'une technologie était devenue disponible. Au sein du groupe Endress+Hauser également, nous avons régulièrement connu des processus de changement. Le passage de simples appareils électriques à des systèmes de mesure électroniques commandés par microprocesseurs, puis plus tard à des solutions purement numériques basées sur des logiciels en est un bon exemple. Mais ce sont des changements que nous avons pu réaliser par

# 21

gigatonne de CO<sub>2</sub>e : telle est l'empreinte carbone annuelle de Shell actuellement. Elle doit atteindre zéro net d'ici à 2050.

nous-mêmes. Ce n'est en rien comparable aux défis de la transition énergétique.

### La digitalisation dont vous venez de parler peut tout à fait être considérée elle aussi comme une transformation majeure. Comment faites-vous pour mobiliser les forces nécessaires à cela ?

**Altendorf :** Pour commencer, les collaborateurs d'une grande entreprise doivent développer une vision commune de l'avenir. Ensuite, tous doivent unir leurs efforts pour la réaliser. Les dirigeants doivent fournir les ressources nécessaires à la réalisation de tâches qui, sur le moment, ne rapportent rien à l'entreprise, comme développer et valider des scénarios d'avenir. Lorsque l'entreprise en sait plus, elle peut passer à l'étape suivante. Elle doit cependant toujours rester partiellement ancrée dans son modèle commercial existant afin de ne pas menacer son avenir. Durant les périodes de changement, les individus ont besoin de sécurité et de fiabilité. Ils doivent savoir qu'ils font partie du voyage vers demain.

### Comment Shell est-il parvenu à convaincre ses actionnaires et son personnel du bien-fondé de la nouvelle stratégie ?

**Brekelmans :** Je pense qu'il est essentiel de procéder de manière logique et compréhensible. Nous nous efforçons depuis toujours de comprendre le monde qui nous entoure. Pour cela, nous sommes à l'écoute de nos actionnaires, nous projetons des scénarios et menons des études. Ensuite, le Conseil d'Administration et le Comité exécutif élaborent un cadre sur cette base. Un aspect important, lorsque nous envisageons le paysage énergétique de demain par exemple, est que nous devons partir des attentes de nos clients et non, à l'inverse, extrapoler à partir des ressources



Dialogue entre partenaires : Harry Brekelmans et Matthias Altendorf chez Shell à La Haye.

disponibles. Nous devons donc nous demander quelles formes d'énergie nos clients privilégieront à l'avenir s'ils souhaitent une meilleure protection du climat. Autre point important : il faut bien comprendre que si nous avons besoin d'énergie plus propre et en plus grande quantité, la consommation d'énergie continuera globalement d'augmenter dans le monde entier.

#### **Quelles technologies tiennent une place particulièrement importante dans votre stratégie ?**

**Brekelmans :** Des technologies innovantes comme les biocarburants, l'hydrogène ou le captage du CO<sub>2</sub> dans l'air jouent un rôle important dans la plupart des scénarios. Mais je ne mettrais pas en avant telle ou telle technologie à ce stade. L'important, ce n'est pas la technologie elle-même mais sa scalabilité. Il serait déjà possible de progresser considérablement vers notre objectif zéro net à l'aide de technologies déjà existantes. Mais pour cela, il faut utiliser efficacement les économies d'échelle nécessaires. C'est une discipline dans laquelle Shell a toujours excellé et nous devons continuer.

#### **Quel est le meilleur moyen pour des partenaires comme Endress+Hauser de vous apporter un soutien ?**

**Brekelmans :** Ils peuvent développer les composants innovants dont nous avons besoin pour la transition et les intégrer dans de nouveaux systèmes complexes. Endress+Hauser possède une vaste expérience dans ce domaine et, étant un fournisseur de longue date, connaît bien notre domaine d'activité. De plus, nous avons une culture d'entreprise très similaire qui attache une grande importance à la technologie et à l'innovation ainsi qu'à la qualité et à la fiabilité. C'est pourquoi Endress+Hauser est pour nous un partenaire très important pour le processus de transformation qui nous attend.

**Altendorf :** Prenons l'exemple de l'industrie aéronautique. Shell a récemment produit, dans une installation pilote, du kérosène synthétique issu d'énergies renouvelables. Ce kérosène, qui a été utilisé pour un vol d'Amsterdam à Madrid, permettra à long terme un trafic aérien neutre en carbone. Pour produire ce kérosène respectueux du climat de manière aussi efficace et économique que possible, une instrumentation fiable et précise est indispensable. Nous pouvons fournir cette technologie dès aujourd'hui et continuer à la développer avec Shell dans le cadre d'un nouveau scaling. À cet égard, des échanges directs sont essentiels pour l'innovation.

*« Nous avons une culture d'entreprise très similaire qui attache une grande importance à la technologie et à l'innovation ainsi qu'à la qualité et à la fiabilité. »*

**Harry Brekelmans,**  
Projects & Technology Director Shell



#### **MISSION DURABILITÉ**

Harry Brekelmans (né en 1965) est Projects & Technology Director de Shell et membre du Comité exécutif sous la direction du CEO Ben van Beurden. À ce titre, il est responsable depuis 2014 de la réalisation des grands projets pétroliers et gaziers du groupe énergétique, promeut les innovations technologiques et commerciales, et dirige les départements Technique, Contrats, Achats, Technologies de l'information, et Sécurité et Environnement. Diplômé de l'université de technologie de Delft, il travaille pour Shell depuis 1990. Harry Brekelmans dit de lui-même : «J'ai parfaitement conscience de l'importance, pour l'industrie, les gouvernements et la société, d'utiliser les ressources de notre planète de manière optimale et durable.»

**Est-ce qu'Endress+Hauser pourrait, à l'inverse, utiliser des produits de Shell pour sa stratégie de décarbonation ?**

**Altendorf :** Je peux tout à fait m'imaginer que Shell approvisionne un jour notre entreprise en énergie verte. Même si notre production ne consomme pas énormément d'énergie, nous avons bien sûr des besoins du fait de nos bâtiments administratifs et de nos chaînes d'approvisionnement. Sur certains sites, nous produisons nous-mêmes l'énergie dont nous avons besoin à l'aide de gaz naturel. À l'avenir, nous pourrions transformer nos centrales de cogénération afin qu'elles utilisent du gaz naturel synthétique neutre pour le climat ou de l'hydrogène vert que nous pourrions nous procurer chez Shell.

**Pour finir, une question personnelle : dans le privé, que faites-vous en faveur de la protection du climat ?**

**Brekelmans :** Ma famille a bien conscience de la responsabilité particulière qui m'incombe. Je discute très souvent de la transition énergétique et de la protection du climat avec mes deux enfants et ma femme. Nous veillons à limiter au maximum nos émissions de gaz à effet de serre, même si nous conduisons encore une voiture à moteur à combustion de temps à autre. Nous utilisons de l'électricité issue d'énergies renouvelables et nous choisissons nos aliments en tenant compte de leur impact sur le climat. Nous nous sommes fixés pour but de parvenir à un bilan carbone négatif au cours des prochaines années.

**Altendorf :** C'est un sujet dont je discute souvent avec mon fils de 24 ans. À l'heure actuelle, j'ai un véhicule hybride qui me permet de me rendre au travail en mode tout électrique. Pour les distances moyennes, je prends souvent le train. Par ailleurs, nous avons équipé notre toit de panneaux solaires. En ce qui concerne mon bilan global, j'ai l'avantage de posséder quelques hectares de forêt que je gère et entretiens moi-même, j'aime y travailler. C'est ma stratégie personnelle de captage de carbone. En fin de compte, la forêt reste la manière la plus naturelle de capter du CO<sub>2</sub> de l'atmosphère.

**GÉANT DE L'ÉNERGIE**

Shell est une société énergétique internationale spécialisée dans l'exploration, la production, le raffinage et la commercialisation du pétrole et du gaz naturel, ainsi que dans la fabrication et la commercialisation de produits chimiques. En 2020, l'entreprise, dont le siège principal se trouve à Londres, a réalisé un chiffre d'affaires de plus de 180 milliards de dollars et comptait 87 000 employés dans le monde.

**Stratégie climatique**

Shell entend parvenir à la neutralité climatique d'ici à 2050. L'entreprise énergétique prévoit de réduire son empreinte carbone de 1,7 gigatonne d'équivalent CO<sub>2</sub> en chiffre absolu à zéro net, et ce, en tenant compte des émissions que ses clients produisent avec ses produits (scope 3). La stratégie de transition énergétique de Shell repose sur trois piliers :

- **Éviter :** Shell désire proposer à ses clients des solutions énergétiques à faible teneur en carbone, investir dans ces solutions et continuer à les développer.
- **Réduire :** L'entreprise entend réduire ses émissions autant que le permettent les moyens actuels.
- **Neutraliser :** Shell prévoit soit de capter, soit de compenser les émissions restantes.

**Étapes clés**

Shell s'est fixé les objectifs suivants à l'horizon 2030 :

<b>Efficacité opérationnelle</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Élimination du torchage de routine</li> <li>- Maintenir l'intensité des émissions de méthane en deçà de 0,2 % d'ici 2025</li> </ul>
<b>Énergie renouvelable</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Doubler les ventes d'électricité</li> <li>- Approvisionner plus de 50 millions de foyers</li> <li>- 2,5 millions de bornes de recharge pour voitures électriques</li> </ul>
<b>Captage et stockage du CO<sub>2</sub></b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 25 mégatonnes par an d'ici à 2035</li> </ul>
<b>Gaz naturel</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Réduire la production pétrolière de 1 à 2 % par an</li> <li>- Accroître la part du gaz naturel à 55 % de la production d'hydrocarbures</li> <li>- Aucun nouveau projet d'exploration après 2025</li> </ul>
<b>Biocarburants et hydrogène</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Multiplier par huit la production de carburants pauvres en émissions</li> <li>- Accroître la part des carburants pauvres en émissions à plus de 10 %</li> </ul>
<b>Puits de carbone</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Créer une capacité annuelle de 120 mégatonnes</li> <li>- Ne sélectionner que des projets de compensation de haut niveau</li> </ul>



# L'hydrogène : un accélérateur

**L'hydrogène vert a le potentiel pour décarboner des secteurs industriels entiers. Toutefois, en tant que combustible de la nouvelle ère énergétique sans émission, il doit pouvoir être produit en très grande quantité. Un tour de force qui demande des efforts importants. Entreprises et chercheurs collaborent afin d'aider l'industrie à se rapprocher de son objectif : la neutralité carbone.**

Texte : Christine Böhringer  
Photographie : H-Tec Systems, ZSW  
Graphique : 3st

Il est des endroits où le futur a déjà commencé. En Frise du Nord par exemple, sur la côte allemande de la mer du Nord ; là, les terres sont plates, l'horizon s'étend à perte de vue, les prairies alternent avec des champs d'éoliennes et des panneaux solaires qui génèrent de l'énergie renouvelable. Au cours des deux dernières années, cinq conteneurs de l'entreprise H-Tec Systems qui contiennent des électrolyseurs sont venus se rajouter. Ces installations utilisent de l'électricité produite localement pour séparer l'eau en hydrogène et en oxygène. L'hydrogène sera ensuite réutilisé.

Ce qui paraît si simple ici n'est ni plus ni moins qu'une pièce du puzzle de la révolution énergétique mondiale. En effet, l'hydrogène obtenu par électrolyse avec de l'électricité éolienne, hydraulique et solaire est exempt de carbone, autrement dit, vert. «Cela en fait l'une des clés de la transition énergétique et permettra de contribuer à la percée de la décarbonation de l'industrie», déclare Uwe Wagner, Global Industry Manager for Power & Energy chez Endress+Hauser.

Ce gaz zéro émission offre de multiples utilisations dans de nombreux secteurs industriels : il permet de stocker les excédents de production d'électricité verte inutilisée, peut être injecté dans le réseau de gaz ou converti en électricité et en chaleur dans des piles à combustible. Dans l'industrie chimique, il sert de matière première pour la production d'ammoniac et de méthanol et, dans l'industrie pétrolière, il est employé pour le raffinage. En combinaison avec du CO<sub>2</sub>, il permet d'obtenir des carburants et du méthane synthétiques. « De plus dans l'industrie sidérurgique, l'hydrogène vert peut

remplacer le charbon en tant qu'agent réducteur dans les hauts-fourneaux lors de la production de fonte brute », explique Jens Hundrieser, Regional Industry Manager Europe for Energy chez Endress+Hauser.

Jusqu'à présent, les besoins mondiaux en hydrogène – soit 90 millions de tonnes par an à l'heure actuelle – sont presque entièrement couverts par de l'hydrogène gris, bon marché, obtenu par vaporeformage de combustibles fossiles. Aujourd'hui, 0,03 % de la production seulement sont issus de l'électrolyse. Toutefois, une bonne trentaine de pays ont adopté ou prévoient d'adopter des stratégies nationales pour l'hydrogène. Dans la seule UE, il est prévu d'élever la production d'hydrogène renouvelable à 10 millions de tonnes par an entre 2024 et 2030. Des alliances se mettent en place dans l'objectif de faire avancer ce projet.

#### DE L'APPLICATION DE NICHE AU CŒUR DE L'INDUSTRIE

« L'industrie et les scientifiques travaillent main dans la main afin de rendre l'hydrogène vert compétitif. Il s'agit à la fois de parvenir à une production à l'échelle industrielle et de développer un grand nombre d'applications », explique Jens Hundrieser. En Allemagne, les pionniers technologiques de la production d'hydrogène vert sont entre autres H-Tec Systems, fabricant bavarois d'électrolyseurs PEM et de piles d'électrolyse basé à Augsburg, et le Centre de recherche sur l'énergie solaire et l'hydrogène du Bade-Wurtemberg (ZSW).

Depuis plus de dix ans, le ZSW développe des électrolyseurs et des composants de sa propre initiative et pour le compte de clients. Il conçoit et réalise également des installations expérimentales et construit des systèmes de démonstration. « Le point de départ a été l'idée, nouvelle à l'époque, de la conversion d'électricité en gaz afin de stocker des énergies renouvelables qui sont fluctuantes et ne sont donc pas produites au moment où le consommateur en a besoin. Avec sa haute densité énergétique, l'hydrogène est idéal pour cela », explique Andreas Brinner, responsable électrolyse et suivi sur le terrain. « C'est pourquoi nous voulions concevoir un électrolyseur alcalin qui fonctionne efficacement et à faible coût, en d'autres termes, un système qui possède un degré d'efficacité élevé, puisse être démarré rapidement, ait une grande longévité, supporte les immobilisations et ne nécessite que peu d'énergie auxiliaire. »

Un autre grand procédé offre les mêmes avantages, celui sur lequel se concentre H-Tec Systems : l'électrolyse à membrane échangeuse de protons (PEM pour l'anglais *Proton Exchange Membrane*). Contrairement à l'électrolyse en milieu alcalin, celle-ci n'utilise pas d'hydroxyde de potassium comme électrolyte, mais une membrane semi-perméable que peuvent traverser les protons. « Les électrolyseurs PEM ont l'avantage de pouvoir fonctionner avec un degré d'efficacité élevé lorsqu'ils ne sont pas en pleine charge, ils sont donc parfaits pour compenser les fluctuations des énergies renouvelables », explique Emily Pröll, responsable marketing chez H-Tec Systems.

Cette technologie étant assez récente par rapport à l'électrolyse alcaline, elle n'a pendant longtemps été utilisée qu'à très petite échelle dans des applications niches. « L'électrolyse PEM possède encore un important potentiel de développement. Ces dernières années, notre objectif premier a été de concevoir une technologie efficace et évolutive qui permette à nos clients de produire des quantités industrielles d'hydrogène de haute qualité à moindres coûts. »

« L'industrie et les scientifiques  
travaillent main dans la  
main afin de rendre l'hydro-  
gène vert compétitif. »

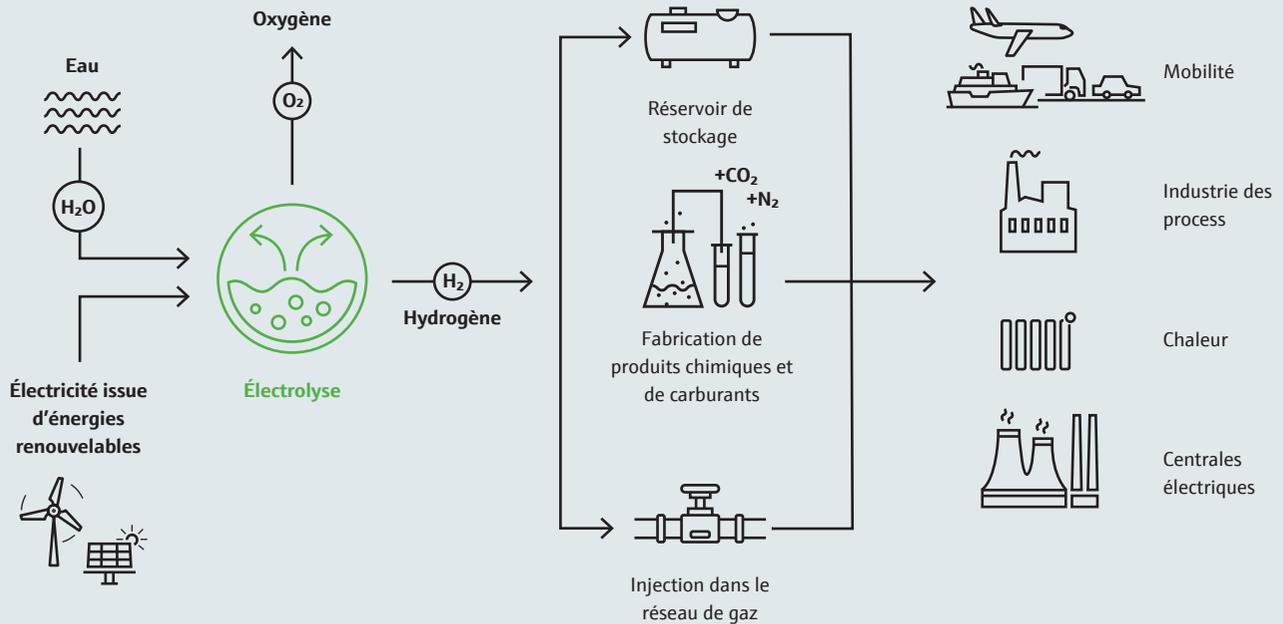
**Jens Hundrieser,**  
Regional Industry Manager Europe for  
Energy chez Endress+Hauser

#### H-TEC SYSTEMS

Avec deux sites en Allemagne, H-Tec Systems développe et produit des électrolyseurs et des stacks d'électrolyse innovants d'une puissance de l'ordre du mégawatt, reposant sur le procédé à membrane échangeuse de protons (PEM). L'entreprise possède plus de vingt ans d'expérience dans la recherche et le développement de technologies de l'hydrogène qui sont employées dans différents secteurs et industrie. H-Tec Systems fait partie de MAN Energy Solutions depuis 2021.

## Multi-usages

L'hydrogène vert issu de l'électrolyse offre un potentiel dans de nombreux secteurs : il peut être transformé en électricité et en chaleur dans des piles à combustible, injecté dans le réseau de gaz ou utilisé dans des turbines à gaz. Dans l'industrie chimique, il sert de matière première pour la production d'ammoniac et de méthanol et, dans l'industrie pétrolière, il est employé pour le raffinage. En combinaison avec du CO<sub>2</sub>, il permet d'obtenir du méthane et des carburants synthétiques. Dans l'industrie sidérurgique, l'hydrogène vert peut remplacer le charbon en tant qu'agent réducteur dans les hauts-fourneaux lors de la production de fonte brute.



900

millions de tonnes de CO<sub>2</sub> sont rejetées chaque année dans l'atmosphère à l'heure actuelle du fait de la fabrication d'hydrogène issu essentiellement de sources fossiles.

### DES EXIGENCES ÉLEVÉES EN MATIÈRE D'INSTRUMENTATION

La production d'hydrogène présente des défis. « L'électrolyse nécessite de nombreux systèmes auxiliaires couplés les uns aux autres et une quantité de points de mesure, qu'il faut surveiller en permanence. Tout cela nécessite beaucoup d'instruments aussi fiables que précis », explique Andreas Brinner. « De plus, l'hydrogène est le plus léger de tous les gaz avec de très petites molécules. Il se diffuse facilement à travers de nombreux matériaux et peut fragiliser les métaux », souligne Prasanth Sreekumar, Global Industry Development Manager Gas chez Endress+Hauser. Puis il ajoute : « Cela nécessite une sélection minutieuse des matériaux, des instruments et des joints. »

Comme beaucoup d'autres spécialistes, fabricants d'électrolyseurs, H-Tec Systems et ZSW font confiance aux instruments de mesure d'Endress+Hauser. « Nous utilisons l'instrumentation d'Endress+Hauser depuis très longtemps déjà et nous en apprécions la qualité, la fiabilité, la précision, la résistance aux différents milieux et la diversité. Le portefeuille est si vaste que nous avons le choix entre un très grand nombre d'options », observe Andreas Brinner. Parmi les autres atouts : citons la conformité des instruments aux exigences



Les électrolyseurs de l'entreprise H-Tec Systems sont compacts. Dans des conteneurs mobiles, des stacks PEM produisent de l'hydrogène avec efficacité.



de sécurité fonctionnelle (SIL) et la protection contre les explosions. Cela garantit une grande sécurité des équipements. « Dans notre process, nous pouvons couvrir avec les capteurs d'Endress+Hauser un large éventail de nos mesures », confirme Martin Linder, ingénieur en développement chez H-Tec Systems. « Ce qui est également important pour nous, c'est la simplicité d'installation et de mise en service. »

Endress+Hauser profite en outre de son engagement à un stade précoce dans le domaine de l'hydrogène vert. « De cette façon, nous apprenons en même temps que nos clients et nous pouvons agrandir l'éventail de nos produits et de nos solutions pour le secteur de l'hydrogène », souligne Prasanth Sreekumar. Le marché a besoin entre autres d'instruments supportant des pressions de 1000 bars ou plus, et utilisables également à des températures extrêmement basses. « L'innovation est inscrite dans l'ADN d'Endress+Hauser. Nous disposons aujourd'hui d'un large portefeuille pour les points de mesure critiques de la chaîne de valeur de l'hydrogène », ajoute Prasanth Sreekumar.

Le portefeuille comprend aussi des analyseurs de gaz utilisant des technologies laser telles que le TDLAS ou la spectroscopie Raman, qui déterminent de manière fiable et précise la qualité, la concentration et la composition des gaz, le tout avec un entretien minimal. À cela s'ajoutent des solutions tout le long de la chaîne de valeur, comme les mesures du débit dans les pipelines ou la mesure de niveau dans les réservoirs de stockage d'hydrogène liquide. Les clients bénéficient en outre des compétences d'Endress+Hauser dans le domaine du gaz. « Au fil des années, nous avons acquis de précieuses connaissances des process et des industries, dans le cadre d'applications avec de l'hydrogène gris et bleu, incluant le captage de CO<sub>2</sub> », explique Prasanth Sreekumar, avant de conclure : « De ce fait, il nous est plus facile d'élaborer ensemble des standards pour de nouvelles applications ».

H-Tec Systems a déjà montré à maintes reprises que la technologie PEM contribuait à faire avancer la transition énergétique. Dans le cadre du plus grand projet allemand de mobilité à l'hydrogène du nom de « E-Farm » en Frise du Nord, le H<sub>2</sub> est par exemple transporté dans des stations-service d'hydrogène. Dans d'autres projets, l'hydrogène vert est injecté dans le

46

millions de tonnes de H<sub>2</sub> ont été nécessaires à l'industrie chimique en 2020 – les trois quarts pour la fabrication d'ammoniac et un quart pour la fabrication de méthanol. Environ 40 millions de tonnes ont été utilisées pour le raffinage du pétrole en 2020.

#### ZSW

Avec ses quelque 280 employés, le Centre de recherche sur l'énergie solaire et l'hydrogène du Bade-Wurtemberg (ZSW) de Stuttgart est l'un des principaux instituts de recherche européens sur l'énergie. Grâce à son savoir-faire en ingénierie et en systèmes, il a déjà lui-même construit différentes installations d'électrolyse d'une puissance de l'ordre du mégawatt. Le ZSW conseille également des clients industriels de la planification initiale à la mise en service d'installations commerciales et à la surveillance de la technologie par la suite.

## LES COULEURS DE L'HYDROGÈNE



Produit à l'aide d'énergies renouvelables, l'hydrogène vert est exempt d'émissions de CO<sub>2</sub>. Pour cela, l'eau est décomposée en hydrogène (H<sub>2</sub>) et en oxygène (O<sub>2</sub>) dans des électrolyseurs alimentés par de l'électricité éolienne, solaire ou hydraulique.



L'hydrogène gris est produit à partir de combustibles fossiles. À cet effet, du gaz naturel est généralement transformé en hydrogène et en CO<sub>2</sub> par un processus thermique. Le CO<sub>2</sub> est ensuite rejeté dans l'atmosphère. La production d'une tonne de H<sub>2</sub> génère une dizaine de tonnes de CO<sub>2</sub>.



L'hydrogène bleu est de l'hydrogène gris, mais dont le CO<sub>2</sub> a été capté et stocké ou utilisé. Considéré comme neutre en carbone, il fait figure de technologie transitoire en attendant la mise en place d'une production entièrement verte ainsi que pour couvrir les besoins croissants en H<sub>2</sub>.

réseau de gaz ou utilisé directement dans des turbines à gaz. « Aujourd'hui, nous sommes submergés de demandes, non seulement pour des applications de mobilité, mais aussi dans le domaine industriel », constate Emily Pröll. Andreas Brinner du ZSW confirme : « Nous avons beaucoup de travail ».

### VERS UNE PRODUCTION DE MASSE

Le ZSW tout comme H-Tec Systems se concentrent maintenant sur les moyens de continuer à réduire le coût de l'hydrogène afin de le rendre plus compétitif. Pour cela, ils utilisent des données pour optimiser le processus d'électrolyse et accroître la puissance nominale des différents modules qui composent les installations. « Nous pénétrons actuellement dans des domaines de plus en plus vastes, constate Emily Pröll, et grâce à cela, le nombre d'installations affichant une plage de mégawatts à deux chiffres ira en augmentant. »

Il s'agit maintenant aussi de rendre la production d'électrolyseurs en série possible. À cet effet, H-Tec Systems travaille avec des partenaires de l'industrie et de la recherche sur de nouveaux procédés de fabrication de stacks pour l'électrolyseur PEM dans le cadre du projet phare subventionné par le gouvernement allemand du nom de « H<sub>2</sub>Giga ». Le ZSW est également à la recherche de solutions pour poursuivre le développement des technologies d'électrolyse. « Nous examinons pour cela des matériaux et des technologies qui permettraient de passer à l'échelle industrielle », déclare Andreas Brinner. Par ailleurs, les scientifiques élaborent un concept de fabrication de blocs électrolyseurs à grande échelle.

Sur le marché, on peut déjà constater la progression de l'hydrogène vert. Depuis 2021, Shell exploite le plus grand électrolyseur PEM d'Europe, d'une puissance de dix mégawatts. Et en 2022, le fabricant de gaz industriels Linde va mettre en service le plus grand électrolyseur PEM du monde, d'une puissance, lui, de 24 mégawatts. Plusieurs projets de 100 mégawatts sont également déjà prévus à travers le monde. Les régions les plus intéressantes sont celles qui possèdent des ressources renouvelables en abondance pour l'électrolyse : de l'électricité peu coûteuse, issue d'installations solaires, éoliennes ou hydrauliques, de même que de l'eau de mer susceptible d'être dessalée.

Le futur semble donc se rapprocher à grands pas. Les investissements, les nouvelles technologies et la volonté de l'industrie de s'adapter ne seront toutefois pas des moteurs d'accélération suffisants. « Le cadre politique doit lui aussi être adapté », souligne Jens Hundrieser qui, depuis peu, représente également Endress+Hauser au sein de l'European Clean Hydrogen Alliance. Avant tout, cela signifie une chose : « Les émissions de dioxyde de carbone doivent avoir un prix applicable dans le monde entier. Ce n'est qu'à cette condition que la transition énergétique réussira. Et ce n'est qu'à cette condition que l'économie hydrogène pourra s'imposer. Alors seulement, il sera possible de réaliser les objectifs climatiques planétaires. »

Fiabilité précision et robustesse : pour la surveillance des processus d'électrolyse, le Centre de recherche sur l'énergie solaire et l'hydrogène du Bade-Wurtemberg mise sur des instruments d'Endress+Hauser.



# Et maintenant, tous ensemble !

La transition écologique est un projet collectif qui n'aboutira que si les entreprises unissent leurs savoir-faire. Endress+Hauser apporte aussi sa contribution afin de trouver les bonnes réponses pour le futur.

## En avance sur son temps

À l'heure de la transition énergétique, les centrales à gaz font figure de technologie transitoire. Mais pour cela, elles doivent être efficaces, flexibles et rentables. C'est le cas des centrales du producteur d'énergie KMW, grâce à des idées innovantes, à des systèmes intelligents et à une technique moderne.

Texte : Christine Böhringer  
Photographie : Christoph Papsch, KMW

### TRANSFORMATION

Une statue en bois de sainte Barbe est la seule chose qui rappelle l'époque du charbon sur le site de Kraftwerke Mainz-Wiesbaden AG (KMW). Du haut du poste de contrôle du producteur d'énergie de la Rhénanie-Palatinat, la patronne des mineurs veille sur le fonctionnement des installations et sur la destinée des collaborateurs. « Cette statue est ce qui reste des trois blocs de la centrale au charbon après leur démolition », explique Thomas Zimmerer, spécialiste en électronique et systèmes de commande au service d'ingénierie commerciale. Passée au gaz dès 2000, l'entreprise s'affirme depuis sur un marché allemand de l'électricité de plus en plus volatile du fait des énergies renouvelables, grâce à sa flexibilité et à des installations d'une grande efficacité.

### UN PROCÉDÉ DE MAINTIEN À TEMPÉRATURE BREVETÉ

Le changement de combustible, déjà, s'inscrivait dans une volonté de rentabilité et de durabilité. Avec sa puissance de 400 MW, la centrale à cycle combiné (CCGT) construite à l'époque a réduit du jour au lendemain les émissions de CO<sub>2</sub> de 1,4 million de tonnes par an et reste à ce jour l'une des plus efficaces au monde. Le rendement net est de 58,4 % et, grâce au découplage de la vapeur de process et du réseau de chaleur, le taux d'utilisation du gaz peut être élevé à 80 %. Par ailleurs, la vapeur provenant de l'usine adjacente d'incinération de déchets de l'entreprise est également utilisée pour produire de l'électricité et pour maintenir des composants à température : « Grâce à cela, même après deux jours d'arrêt, la centrale est prête à tourner à plein régime en une demi-heure », explique Thomas Zimmerer.

Cela n'a pas empêché KMW, il y a quelques années, de se lancer à nouveau dans la planification d'une centrale électrique. Le producteur, en effet, se trouvait face à de nouveaux défis : d'une part, les heures de fonctionnement des centrales à gaz allemandes étaient en diminution en raison du développement des énergies renouvelables et de la chute des cours en bourse de l'électricité ; d'autre part, la région avait besoin de plus de chauffage urbain. « La centrale

à cycle combiné n'est toutefois rentable que si les temps de fonctionnement sont adaptés avant tout au marché de l'électricité et non aux nécessités de l'approvisionnement en chauffage urbain », explique Thomas Zimmerer.

**À PLEIN RÉGIME EN DEUX MINUTES ET DEMIE**

La solution a été trouvée : une centrale de cogénération d'un coût de 215 millions d'euros mise en service en 2021. Dix moteurs à gaz de même modèle, d'une puissance électrique de 100 MW et thermique de 90 MW, peuvent être mis en marche et à l'arrêt en deux minutes et demie. Avec un taux supérieur à 85 %, ils utilisent l'énergie issue de gaz naturel avec une grande efficacité. « Lorsque les coûts de l'électricité sont bons, autrement dit lorsqu'il y a peu de soleil ou de vent, la centrale de cogénération est mise en marche rapidement. La chaleur est découplée et, si la demande est peu élevée, elle est stockée provisoirement dans trois accumulateurs d'une capacité totale de 12 000 m<sup>3</sup> », explique Thomas Zimmerer. Cela correspond à une puissance thermique de réserve pouvant atteindre 750 MW.

La centrale met en œuvre la technologie d'un contractant général finlandais, Wärtsilä Energy Solutions et utilise le savoir-faire d'Endress+Hauser, principal fournisseur d'instrumentation. Plus

de 300 appareils surveillent les process utilisant eau de refroidissement et eau chaude, de même que les circuits auxiliaires. KMW a par ailleurs confié directement à Endress+Hauser la fourniture des instruments nécessaires pour les accumulateurs de chaleur. Plus de 120 sondes de température enregistrent leur profil thermique ; l'eau d'alimentation est également analysée. À l'entrée de la centrale de cogénération, des débitmètres Coriolis enregistrent par ailleurs avec précision le volume de gaz entrant. Un grand nombre de points de mesure sont conçus selon le principe « deux sur trois » : trois capteurs effectuent des mesures indépendamment les uns des autres, ainsi, en cas de panne d'un appareil, deux mesures sont encore disponibles.

**MESURE SANS CONTACT**

Le fait qu'Endress+Hauser ait obtenu le contrat n'est pas un hasard. « En matière d'achats, nous prenons toujours nos décisions sur la base des expériences que nous avons déjà avec telle ou telle technologie de mesure », déclare Thomas Zimmerer. Celui-ci apprécie entre autres beaucoup les capteurs à ultrasons à clamber : « Nous sommes très satisfaits de la sécurité, de la stabilité de mesure et de la précision de ces appareils. » Autres atouts encore selon lui, la simplicité d'utilisation de tous les appareils et le fait qu'Endress+Hauser propose une installation complète, y compris le raccordement et la mise en service. Sur le plan humain également, les partenaires sont sur la même longueur d'onde : « La collaboration avec KMW est très agréable », confirme Horst Theobald qui assure le suivi de l'entreprise sur le terrain pour Endress+Hauser. « Entre autres parce que l'on sent qu'il y a beaucoup d'esprit d'innovation ici ! »



1



2

- 1 Deux minutes et demie suffisent pour démarrer ou arrêter la nouvelle centrale de cogénération.
- 2 Des transmetteurs de pression Cerabar S surveillent le fonctionnement de la centrale.
- 3 Des capteurs à ultrasons à clamber sont utilisés dans toute l'installation.

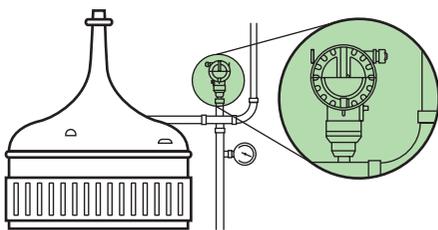


3

**KMW**

KMW est un producteur d'énergie communal de Mayence comptant plus de 450 employés. Sur son site d'Ingelheimer Aue, il produit électricité, vapeur et chauffage urbain sur un mode conventionnel. Son portefeuille inclut également des fermes éoliennes et solaires, une centrale de conversion d'électricité en chaleur et une centrale de conversion d'électricité en gaz.

## MONITORING ÉNERGÉTIQUE DE LA BRASSERIE

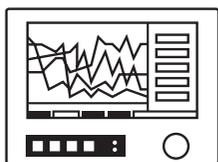


1

Des débitmètres et des capteurs de pression et de température enregistrent la consommation de vapeur, d'air comprimé et d'eau dans la salle de brassage, la chaudière vapeur et la salle de l'eau.



2



Des enregistreurs Memograph M collectent les données via des signaux 4 – 20 mA ou à impulsion.



3



Les valeurs mesurées par les capteurs sont ensuite transmises via Profinet au système de contrôle du process. Les quantités de chaleur sont calculées directement puis envoyées à une plateforme logicielle par Ethernet TCP/IP.



4



La tablette industrielle Field Xpert donne accès à tous les appareils Endress+Hauser par Wi-Fi ou Bluetooth, et donc aux consommations d'énergie actuelles.

# CO<sub>2</sub> : uniquement dans les verres

Grâce à de nombreuses actions, la brasserie Hofbräu München est déjà parvenue à réduire ses émissions de CO<sub>2</sub> de 70 % par hectolitre de bière. Afin d'identifier d'autres possibilités d'économie, l'industriel a installé, avec l'aide d'Endress+Hauser, un calculateur d'énergie – le plus moderne au monde dans une brasserie.

Texte : Christine Böhringer

Graphique : 3st

### EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

Lorsque vous buvez de la bière de la brasserie Hofbräu München, vous pouvez être certain d'une chose : chaque gorgée est faite uniquement d'eau, de malt, de houblon et de levure, comme le prévoit le « Reinheitsgebot », le décret allemand sur la pureté de la bière. Et bien entendu de dioxyde de carbone formé lors de la fermentation. Dissous dans l'eau, celui-ci devient le gaz carbonique qui donne à la bière sa fraîcheur caractéristique.

Mais, hors des verres, Hofbräu veille à limiter au maximum ses émissions de CO<sub>2</sub>. « Dès 1998, nous avons mis en place un éco-management systématique avec pour objectif principal la protection du climat », explique Sebastian Utz, responsable environnement et directeur technique adjoint de la brasserie.

Le bilan des nombreuses actions mises en œuvre jusqu'à présent est impressionnant : en 20 ans, la brasserie a pu diminuer ses émissions spécifiques de CO<sub>2</sub> de 70 % pour atteindre 5,2 kg par hectolitre de bière aujourd'hui. Le passage à une électricité verte et aux LED, la conversion du mazout au gaz pour une chaudière à vapeur et la transformation de la salle de brassage – où la cuisson du moût consomme désormais moins d'énergie – ont été des étapes importantes.

« Nous en arrivons maintenant au travail de détail », déclare Sebastian Utz. « Endress+Hauser nous a fourni le système de mesure énergétique le plus moderne jamais installé dans une brasserie. Grâce à lui, nous avons l'intention de déterminer l'efficacité énergétique de chaque opération dans la salle de brassage. » Plus d'une cinquantaine de capteurs ont déjà été installés. Ils enregistrent la consommation de vapeur, d'air comprimé et d'eau dans chaque zone de la brasserie. Ces données sont ensuite transmises à une plateforme via un gestionnaire de données. « Avec les résultats obtenus, nous voulons affiner nos process et, par là, économiser encore plus d'énergie à base de gaz, et donc d'émissions de CO<sub>2</sub> », explique Sebastian Utz.

L'objectif de la brasserie n'est toutefois pas de parvenir à zéro émission de CO<sub>2</sub> mais à la neutralité climatique, et ce, d'ici à 2025. « Chaque fois que nous ne pourrons pas éviter ou réduire les émissions, nous les compenserons », déclare Sebastian Utz. Dans ce domaine également, Hofbräu fait preuve de transparence : la brasserie investit au niveau régional dans la renaturation de marais et la constitution de sols humiques, deux types d'environnement capables d'absorber des milliers de tonnes de dioxyde de carbone à long terme.



Dans son travail comme dans la vie privée, l'énergie est essentielle pour Peter Gibas, chef de projet chez Endress+Hauser.



# Une belle énergie

**Responsable de projet chez Endress+Hauser, Peter Gibas aide nos clients à mieux produire de l'énergie et à l'utiliser plus efficacement. Mais chez lui aussi, chaque watt compte. Il nous explique pourquoi.**

Propos recueillis par Christine Böhringer  
Photos : Enno Kapitza

## ENGAGEMENT

Pour moi, l'énergie c'est la vie. Et ma vie est marquée par l'énergie. En tant qu'ingénieur électricien, j'ai été responsable des systèmes d'alimentation électrique d'une usine automobile puis, plus tard, opérateur de réacteur et chef électricien, responsable d'équipe, dans une centrale nucléaire. Cela fait maintenant vingt-huit ans que je travaille sur le terrain auprès des clients pour Endress+Hauser et suis responsable, entre autres, de projets énergétiques. Actuellement, ma tâche consiste principalement à aider nos clients à rendre l'hydrogène vert commercialisable ou à accroître le degré d'efficacité de turbines et de moteurs, autrement dit à utiliser l'énergie plus efficacement.

À cet effet, je suis sans cesse à la recherche de nouvelles technologies qui ont le potentiel de faire une vraie différence. En collaboration avec nos partenaires, je développe des solutions techniques de mesure destinées à faire progresser ces technologies. Notre objectif consiste à réaliser des installations témoins afin que le monde de l'industrie, mais aussi Endress+Hauser, puissent constater que la technologie fonctionne. Le fait est que j'ai pour devise : si l'on veut changer quelque chose, il faut montrer l'exemple !

C'est une profonde conviction qui me guide également dans le domaine privé. Il y a vingt-cinq ans déjà, alors que le fioul était encore peu coûteux et que pratiquement personne ne parlait du réchauffement climatique, j'ai installé chez moi un chauffage au bois avec ballon tampon. J'utilise du bois provenant de ma propre forêt dans laquelle je replante des arbres en permanence. Récemment, nous en avons planté 640. Puis un système de chauffage solaire est venu s'ajouter à cela qui couvre aujourd'hui un tiers de nos besoins en chauffage. Enfin, depuis trois ans, nous avons une installation photovoltaïque pour la production d'électricité.

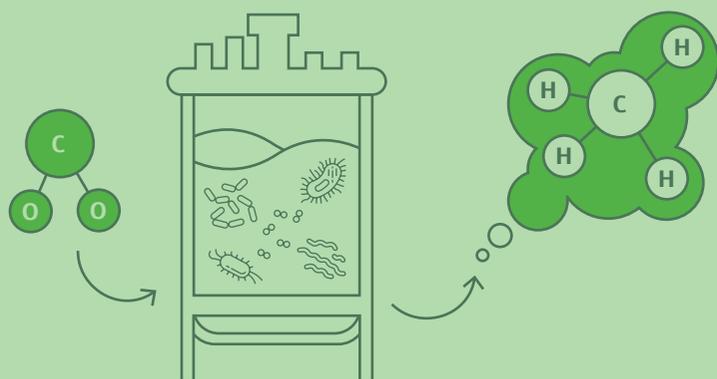
Et comme chez mes clients, j'observe aussi comment circulent les flux énergétiques chez moi. Où est-ce que je gaspille de l'énergie ? Comment puis-je l'utiliser plus efficacement ? Quelques exemples : les murs extérieurs sont particulièrement épais afin d'empêcher au maximum à la chaleur de s'échapper. Le jardin d'hiver, installé au sud, est chauffé à l'énergie solaire, et notre plancher chauffant basse température n'a besoin que de faibles températures d'arrivée. Lorsque le soleil brille, nous faisons la lessive afin d'utiliser l'énergie solaire transformée. Récemment, nous avons banni de la maison tout ce qui était énergivore comme les lampes halogènes.

Je suis heureux de voir que, ces dernières années, dans l'industrie, l'énergie est devenue un facteur clé. Beaucoup d'efforts sont faits actuellement afin de parvenir à de meilleures performances en matière de conversion et à générer moins de CO<sub>2</sub>. Les produits verts ont le vent en poupe. J'espère que cette tendance va bientôt se développer dans la société. Car il est important que nous passions à l'action maintenant, et non pas lorsque nous serons directement confrontés aux conséquences du réchauffement climatique.

# L'avenir est en marche !

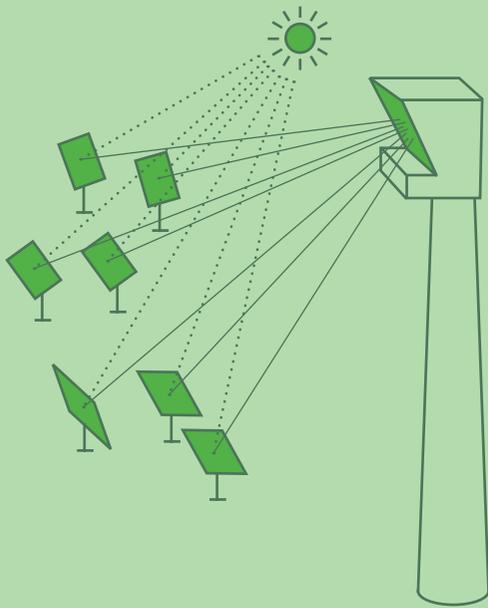
En soulevant des milliers de questions nouvelles, la transition énergétique se révèle un catalyseur d'idées. Partout, des entreprises inventent des solutions plus ingénieuses les unes que les autres. Celles-ci par exemple.

Texte : Christine Böhringer  
Graphique : 3st



## DES MICRO-ORGANISMES DÉVOREURS DE CO<sub>2</sub>

La transition énergétique met l'industrie du ciment face à d'immenses défis. De fait, celle-ci est à l'origine de 8 % des émissions mondiales de CO<sub>2</sub>. Tout comme dans l'industrie de la chaux, les deux tiers de ces émissions résultent des process eux-mêmes et sont donc inévitables. Aussi les industries cherchent-elles à capter du CO<sub>2</sub>, utilisant pour cela une multitude d'approches. Mais que faire de ces gigantesques quantités de gaz à effet de serre ? Une nouvelle méthode utilise des bioréacteurs dans lesquels des micro-organismes transforment rapidement de l'hydrogène vert et du CO<sub>2</sub> en biométhane qui est ensuite injecté directement dans le réseau de gaz. L'avantage de cette solution : le CO<sub>2</sub> n'a pas besoin d'être épuré auparavant, les organismes pouvant parfaitement travailler avec du gaz contenant des impuretés. Cette technologie a récemment été testée dans le cadre d'un projet de recherche en Suisse auquel a participé Endress+Hauser avec des appareils de mesure de pression et de température ainsi que des débitmètres pour l'hydrogène et le biométhane. La technologie va maintenant être mise en œuvre dans des installations à l'échelle commerciale. Un projet pilote est prévu chez un fabricant de chaux. Objectif : recycler jusqu'à 90 000 tonnes de CO<sub>2</sub> par an et fournir du biométhane à 15 000 foyers.

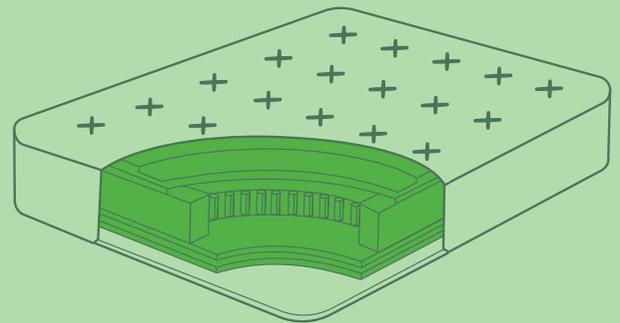


### PLUS DE PUISSANCE POUR LES TOURS SOLAIRES

Dans les centrales solaires à tour, des centaines de miroirs reflètent la lumière du soleil vers le sommet de la tour. Là, un récepteur convertit les rayons concentrés en chaleur qui est ensuite transmise à un fluide caloporteur, le plus souvent du sel liquide. Celui-ci est en effet capable d'absorber des températures particulièrement élevées. De plus, l'énergie peut être stockée à un coût peu élevé dans des réservoirs de sel et être envoyée – y compris de nuit – à un générateur de vapeur en vue de produire de l'électricité. Jusqu'à présent, la température maximale de fonctionnement de ce type de centrale est de 565°C. L'Institut de recherche solaire du centre aérospatial allemand (DLR) entend changer cela : sous son égide, un consortium de partenaires venant de l'industrie et du domaine de la recherche a conçu un nouveau récepteur capable d'atteindre des températures allant jusqu'à 600°C dans le cadre d'un projet subventionné par le ministère fédéral de l'Économie et de l'Énergie. Il reste maintenant à adapter les circuits à cette température. « Il s'agit d'une application particulièrement complexe en raison des fluctuations de la densité du sel, de la résistance chimique que doivent posséder les matériaux et des températures très élevées », explique Markus Schmitz qui est à l'origine du projet chez Endress+Hauser. Pour pouvoir enregistrer le débit d'écoulement entre les réservoirs avec précision, Endress+Hauser a recommandé l'utilisation d'une mesure du débit fonctionnant sur le principe de la pression différentielle. Les capteurs font actuellement l'objet de tests dans le circuit de sel. « Si les transmetteurs de pression remplissent ces exigences élevées, nous avons trouvé la solution pour cette nouvelle application complexe », conclut Markus Schmitz.

### DORMIR SUR DE LA MOUSSE AU CO<sub>2</sub>

Covestro est l'un des plus grands fabricants de polymères au monde. Pionnière de l'industrie plastique, l'entreprise est aussi la première à vouloir mettre en place une économie entièrement circulaire : elle entend, entre autres, remplacer les matières premières fossiles comme le pétrole par des alternatives. Le CO<sub>2</sub> joue un rôle central dans cette stratégie, car il contient un élément essentiel : du carbone. Avec des partenaires, Covestro a développé un procédé révolutionnaire permettant d'intégrer jusqu'à 20 % de CO<sub>2</sub> dans un composant chimique de matières plastiques et, par-là, d'économiser une quantité correspondante de pétrole. Jusqu'à présent, le produit sert avant tout à la fabrication de matériaux souples en mousse utilisés par exemple pour produire des matelas. Si cela paraît simple, en réalité, ça ne l'est pas. « Le carbone ne se lie pas volontiers avec d'autres composants chimiques », explique Jörn Matthies, Global Strategic Account Manager chez Endress+Hauser. « Mais avec l'aide d'un catalyseur spécifique de Covestro et du Catalytic Center Aachen, cette réaction difficile est enfin devenue possible. » Covestro produit le nouveau matériau à Dormagen. Le CO<sub>2</sub> nécessaire provient des flux d'échappement d'usines chimiques situées à proximité. Le process est surveillé par des instruments de mesure Endress+Hauser. Covestro mise sur le savoir-faire de son partenaire sur d'autres sites également. « Nous sommes le fournisseur mondial numéro 1 d'instruments de mesure de débit, de niveau, de température et d'analyse », souligne Jörn Matthies.





2

1

1  
La centrale géothermique de Hellisheiði fournit l'énergie verte nécessaire au processus de captage.

2  
L'entreprise Carbfix injecte le mélange d'eau et de CO<sub>2</sub> en profondeur dans la terre où il se pétrifiera.

3  
L'usine de captage direct Orca de Climeworks capte jusqu'à 4000 tonnes de CO<sub>2</sub> dans l'air par an.

# Grandir ensemble

Les systèmes de l'entreprise suisse Climeworks éliminent le dioxyde de carbone de l'air. S'ils sont toujours plus performants et moins coûteux, c'est aussi grâce à des données de process d'une grande précision.

Texte : Christine Böhringer

Photographie : Benjamin Hardman, Climeworks

## PARTENARIAT

Katrín Jakobsdóttir l'a su immédiatement : « C'est un pas de géant dans la lutte contre le changement climatique », déclarait le Premier ministre islandais en automne 2021 lors de l'inauguration d'Orca. Située sur l'île de Hellisheiði, un haut plateau à l'est de Reykjavik, Orca est actuellement la plus grande usine au monde capable de capter et de stocker le CO<sub>2</sub> directement dans l'air.

L'usine et la technologie de captage direct dans l'air (Direct Air Capture) sur laquelle elle repose ont été

développées par l'entreprise suisse Climeworks. Les installations sont constituées d'unités de captage, de la taille de conteneurs, empilées les unes sur les autres, qui aspirent l'air par des ventilateurs et retiennent le CO<sub>2</sub> dans des filtres par un procédé chimique. Dès que ces filtres sont saturés, ils sont chauffés à environ 100°C, ce qui entraîne la libération des molécules de CO<sub>2</sub> qui sont ensuite évacuées des collecteurs par pression négative. L'énergie nécessaire à cette opération est verte et fournie par une centrale géothermique située à proximité. La société islandaise Carbfix mélange ensuite le gaz à effet de serre à de l'eau avant de l'injecter à environ 1000 m de profondeur où il se pétrifiera en moins de deux ans.

L'usine capte jusqu'à 4000 tonnes de dioxyde de carbone par an, une très petite quantité comparée aux 35 milliards de tonnes qui sont émises dans le monde chaque année. Néanmoins, d'après le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, le réchauffement climatique ne pourra être limité à 1,5°C que par le biais d'émissions négatives, autrement dit, si du CO<sub>2</sub> est éliminé de l'atmosphère de manière continue. « Sans captage, utilisation et stockage du gaz, les objectifs climatiques sont irréalisables », souligne Arjan van Ginkel, responsable des marchés pétrole, gaz et chimie chez Endress+Hauser Pays-Bas.

## DES INSTRUMENTS DE MESURE POUR TOUS LES BESOINS

Climeworks a rapidement amélioré sa technologie ces dernières années. La première grande usine, en service en Suisse depuis 2017, ne capte que 900 tonnes de dioxyde de carbone par an. Si l'entreprise est parvenue à améliorer son procédé à si grande vitesse, c'est en partie grâce à Endress+Hauser. « Nos appareils équipent non seulement la quinzaine d'usines de captage direct dans l'air dans le monde, mais aussi les installations-pilotes de Climeworks », souligne Francesco Cali, ingénieur technico-commercial chez Endress+Hauser. En cela, Climeworks profite d'un vaste portefeuille : « Si l'on veut mieux comprendre les process et accroître leur efficacité, il faut disposer de mesures extrêmement précises. Sur site, les appareils doivent être robustes, car ils sont exposés à des conditions météorologiques extrêmes et très fluctuantes. Avec nos produits, nous pouvons répondre à tous les besoins du client et nous grandissons ensemble », déclare Francesco Cali.

## UN SCALING ACCÉLÉRÉ

Climeworks entend mener son prochain grand projet une fois encore avec le soutien d'Endress+Hauser. L'entreprise veut également abaisser significativement le prix de la tonne de CO<sub>2</sub> captée. Actuellement, il est encore relativement élevé, car la concentration de dioxyde de carbone dans l'atmosphère est beaucoup plus faible que dans les fumées industrielles par exemple, le captage est donc une opération de plus grande ampleur qui demande plus d'énergie. Climeworks n'en est pas moins optimiste : d'ici 2040, le prix à la tonne devrait se situer entre 100 et 200 dollars et, aujourd'hui déjà, des entreprises comme Boston Consulting Group, Square ou Microsoft signent des contrats avec l'entreprise suisse afin de réaliser leurs objectifs climatiques dans le futur.



3



Le responsable du marché pétrole, gaz et chimie aux Pays-Bas est un spécialiste du captage, de l'utilisation et du stockage du dioxyde de carbone.

## questions à Arjan van Ginkel

### Quel rôle jouent le captage, l'utilisation et le stockage des émissions de CO<sub>2</sub>, en anglais CCUS, pour la réalisation des objectifs climatiques mondiaux ?

Un rôle majeur, car avec le CCUS, il est possible de prévenir à court terme et à un coût relativement peu élevé que de grandes quantités de CO<sub>2</sub> pénètrent dans l'atmosphère. On capte par exemple le dioxyde de carbone des gaz d'échappement. C'est là une option avant tout pour l'industrie lourde, avec ses émissions difficiles à éviter, d'autant plus que les équipements existants peuvent être mis à niveau ultérieurement. Ou bien on peut prélever le CO<sub>2</sub> issu du process de fabrication d'hydrogène par vaporeformage. Cela contribue à développer rapidement la production d'hydrogène bleu à faibles émissions. De plus, aujourd'hui, il est possible d'éliminer directement le CO<sub>2</sub> de l'air.

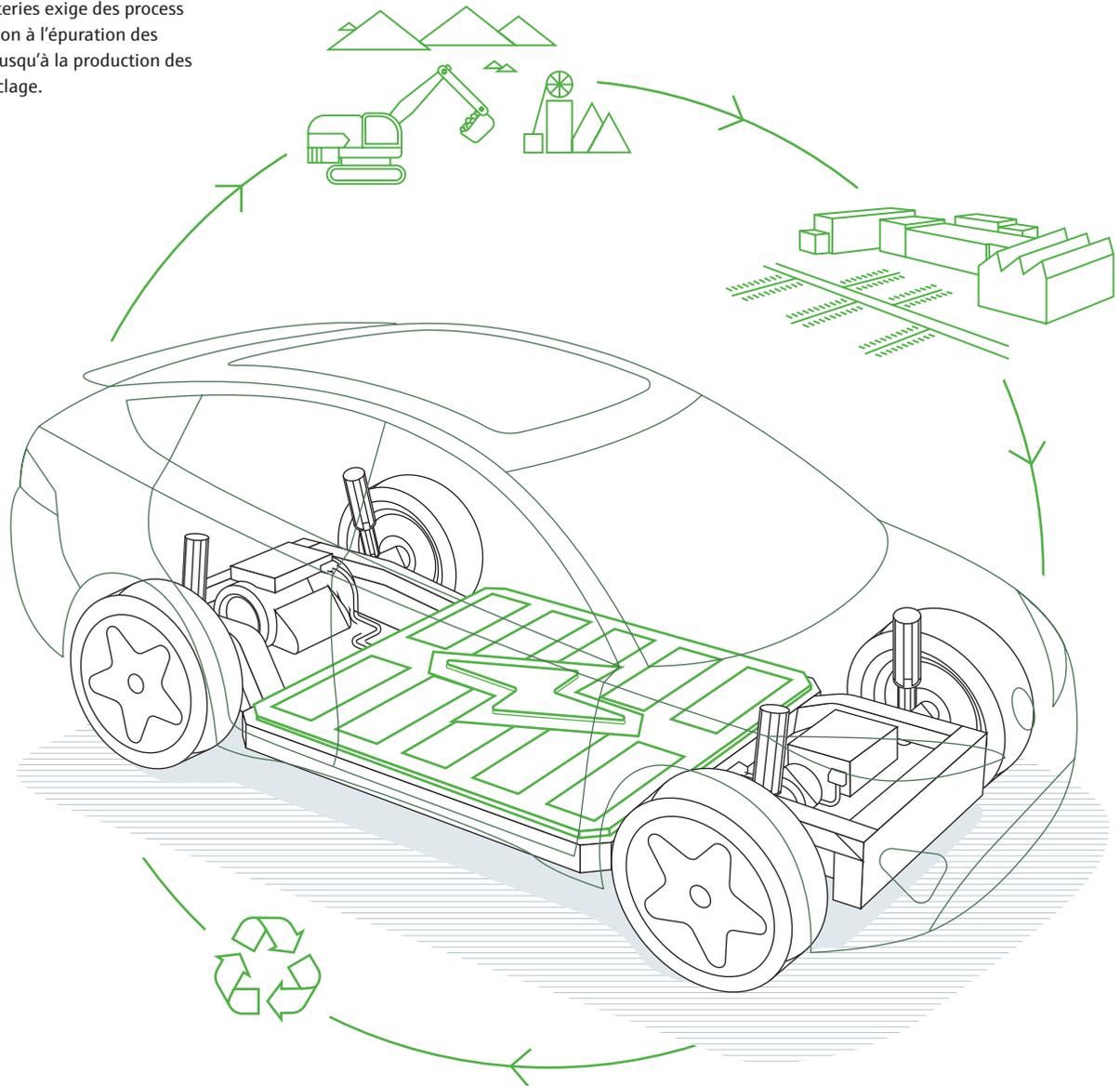
### Quelle expérience apporte Endress+Hauser à ces technologies ?

Ce sujet n'est pas nouveau pour nous. Le CCUS existe depuis plus de 40 ans. À l'époque on a, pour la première fois, capturé du CO<sub>2</sub> afin de stimuler des gisements de gaz naturel et de pétrole aux États-Unis. Depuis, nous avons réalisé des projets CCUS commerciaux dans de nombreux secteurs et nous fournissons également l'instrumentation pour des projets de recherche et des projets-pilotes. Actuellement, ce domaine connaît une progression inédite : pour la seule année 2021, la construction de cent nouvelles usines CCUS a été annoncée dans le monde.

### Quels avantages Endress+Hauser offre-t-elle à ses clients ?

Grâce à nos connaissances des différents secteurs d'activité et à notre vaste portefeuille, nous sommes en mesure de soutenir nos clients tout au long du process de CCUS. En tant que fournisseur principal d'appareils de mesure, nous couvrons tous les besoins en matière d'instrumentation dans ce domaine, y compris l'analyse des gaz. Nos appareils sont utilisés pour isoler le CO<sub>2</sub> dans les mélanges gazeux, dans les skids pour mesurer le flux gazeux de CO<sub>2</sub>, pour la compression et la détection des fuites dans les pipelines, ainsi que pour le stockage. Nous couvrons également toutes les applications en lien avec l'utilisation de CO<sub>2</sub> dans l'industrie. De plus avec nos outils d'ingénierie et nos prestations comme la mise en service à distance, les installations sont prêtes à fonctionner encore plus rapidement !

La fabrication de batteries exige des process durables, de l'extraction à l'épuration des matières premières, jusqu'à la production des cellules et à leur recyclage.



# La tension monte

L'électromobilité est un élément indispensable de la transition énergétique. Rien de surprenant, donc, au fait que le marché des batteries lithium-ion soit en pleine expansion. Les défis, cependant, sont multiples et jalonnent la chaîne de valeur entière.

Texte : Frank Jablonski  
Graphique : 3st

## FABRICATION DE BATTERIES

En Europe comme en

Asie et en Amérique, l'électromobilité est en plein essor. Si les fabricants de batteries et les groupes automobiles comptent bien saisir leur chance, ils ne sont pas les seuls. Des entreprises comme BASF, Umicore ou Johnson Matthey entendent, elles aussi, conquérir des parts de marché et investissent des milliards dans la fabrication de batteries. Selon les prévisions des analystes, l'électromobilité pourrait devenir l'un des principaux moteurs de croissance de l'industrie chimique au cours des prochaines années.

Cette évolution a aussi pour effet de mettre en branle les marchés mondiaux. Des subventions publiques, des investisseurs asiatiques et des start-ups en croissance rapide jettent actuellement des bases qui

pourraient faire de l'Europe le numéro 2 mondial de la fabrication de batteries dans moins de dix ans. Toutefois, les anciens acteurs comme les nouveaux font face à des défis majeurs. La mobilité de demain, en effet, suppose la conformité aux normes environnementales, sociales et de gouvernance d'entreprise, facteur clé pour l'industrie.

### UNE EXTRACTION DE MATIÈRES PREMIÈRES EFFICACE

Actuellement, les composés de lithium proviennent essentiellement d'Amérique du Sud, d'Australie et de Chine, et sont le plus souvent issus de saumure de lacs salés riches en cette substance ou de spodumène, un inosilicate en chaîne rare. À l'heure actuelle, cet élément-clé pour les batteries est encore disponible en abondance : les ressources en lithium s'élèvent à quelque 40 millions de tonnes dans le monde, soit plus de 210 millions de tonnes d'équivalent en carbonate de lithium. Néanmoins, compte tenu de la complexité de l'extraction de la matière première, les spécialistes anticipent une pénurie d'ici à 2025 au plus tard. Pour extraire le lithium des eaux souterraines d'un lac salé, la saumure contenant la substance doit d'abord être pompée dans des bassins d'évaporation, puis concentrée et épurée. Lors du processus d'évaporation, la concentration en lithium s'accroît d'environ 2000 ppm pour atteindre jusqu'à 6 % dans la saumure finale. Celle-ci est ensuite traitée dans des installations chimiques afin d'obtenir du carbonate de lithium d'une pureté de 99,9 %. « À chaque étape, des solutions de pointe pour la mesure du débit, du niveau, de la pression et de la température aident à extraire la matière première de manière efficace et à garantir la qualité requise pour les batteries », explique Andrew Reese, Global Industry Manager Minerals and Metals chez Endress+Hauser.

### LA QUALITÉ, UNE QUESTION DE DOSAGE

La pureté et la composition de la matière première sont décisives pour la fabrication des batteries. La principale exigence concernant le matériau utilisé pour la cathode et l'anode est, autant que possible, l'absence d'eau. Pour ce qui est des autres composants, les besoins varient : différents composés de lithium conféreront différentes caractéristiques au produit final. Entre les exigences de densité de puissance, de densité énergétique, de sécurité, de durée de vie, de disponibilité et de coûts, certains composés présenteront des points forts dans un domaine et des points faibles dans d'autres. C'est pourquoi l'industrie utilise des oxydes NMC – NMC signifiant nickel, manganèse et cobalt –, des mélanges qui comptent parmi les matériaux les plus employés pour stocker l'électricité dans les batteries lithium-ion de vélos et de voitures électriques.

# 150

millions de voitures électriques circuleront dans le monde en 2030 estiment les experts.

Pour garantir les caractéristiques désirées, il faut connaître avec précision la composition des oxydes NMC. Outre cela, de la matière première au produit final, le matériau doit subir quantité d'opérations. Chaque transfert exige un contrôle d'état du matériau. « Ces défis ne peuvent être relevés correctement qu'à l'aide de systèmes d'analyse avancés », déclare Philipp Conen, Global Industry Manager Chemicals chez Endress+Hauser. Les analyseurs Raman fournissent toutes les mesures en temps réel et *in situ* nécessaires pour garantir les propriétés et la qualité désirées des batteries lithium-ion.

### BOUCLER LA BOUCLE

Compte tenu de l'utilisation toujours grandissante de voitures électriques, le nombre de batteries usagées va lui aussi connaître une forte augmentation. Aussi les entreprises misent-elles de plus en plus sur le recyclage afin de récupérer des matières premières dans les cellules et, de cette manière, parvenir à couvrir des besoins croissants tout en préservant les ressources et en rendant l'électromobilité plus durable.

Actuellement, on utilise principalement deux méthodes à cet effet : la séparation cryogénique, dans le cadre de laquelle les cellules sont refroidies à 196°C à l'aide d'azote liquide puis broyées. L'hydrogène est ensuite libéré au moyen d'une réaction à base d'hydroxyde de sodium, avant d'être brûlé sur un mode contrôlé. Les matières plastiques, les métaux et les sels de lithium peuvent alors être séparés avant de subir d'autres traitements. Dans le cas du procédé hydrométallurgique, les métaux sont extraits au moyen d'un procédé chimique par voie liquide consistant à mettre les métaux en solution. « Les appareils d'Endress+Hauser assurent la sécurité du processus de recyclage des batteries et contribuent à le rendre plus respectueux de l'environnement. Notre technologie d'analyse est également employée ici pour le traitement des eaux usées », déclare Philipp Conen.

# Mesure autonome

Mesurer le débit d'eau circulant dans une conduite nécessite de l'électricité, or, on ne dispose pas de réseaux électriques dans le monde entier. Pour ces cas-là, Endress+Hauser a conçu le débitmètre Promag W 800 fonctionnant sur batteries. Les utilisateurs disposent ainsi d'un système autonome, utilisable même dans des endroits inaccessibles.

Texte : Richard Backhaus  
Illustration : 3st



L'homme, les animaux, les plantes ne peuvent s'en passer. Sans eau, pas de vie. Mais pour arriver jusqu'au consommateur, ce précieux liquide doit parfois parcourir de grandes distances dans de longues conduites, et être contrôlé et mesuré avec précision. Or, en particulier dans les régions les plus reculées de notre planète, on ne dispose souvent pas de l'alimentation électrique externe permettant aux instruments de mesure de remplir leur fonction, et encore moins de câbles pour transmettre les données mesurées.

À cela vient s'ajouter le fait que transmettre des données de mesure sur de longues distances n'est pas une opération simple. « Nous avons développé un appareil de mesure sans fil spécifiquement pour ces cas d'applications », explique Matthias Reist, responsable produits chez Endress+Hauser. Puis il ajoute : « Comme il fonctionne sur batterie, le Promag W 800 peut être utilisé de manière flexible et autonome même dans des lieux dépourvus d'alimentation. En effet, il peut fonctionner sans source d'électricité externe et sans entretien jusqu'à 15 ans. »

Afin de pouvoir envoyer les données de mesure et en recevoir d'autres de manière fiable, l'appareil est équipé d'un module de réseau mobile. « Ainsi,

les distributeurs d'eau du monde entier ont accès à distance aux valeurs de mesure, et ce quel que soit l'éloignement du poste de contrôle par rapport à l'endroit où elles sont relevées », explique Matthias Reist.

En dépit de la complexité technique du système, les développeurs sont parvenus à réaliser un appareil extrêmement compact, abritant électronique, batteries, enregistreur de données et module de réseau mobile. Cela signifie que le débitmètre électromagnétique est facile à installer même lorsque la place est très réduite, comme dans les réseaux de distribution comptant quantité de conduites très rapprochées par exemple.

Grâce à ces paramètres, le Promag W 800 pourrait bien jouer un rôle important à l'avenir : d'après les estimations de l'Organisation des Nations unies, rien que dans l'agriculture, les besoins en irrigation augmenteront de 50 % d'ici 2050. Il devient donc de plus en plus important d'enregistrer et de facturer la consommation d'eau potable ou brute avec précision. Avec des appareils de mesure comme le Promag W 800, Endress+Hauser soutient le développement mondial d'une gestion active de l'eau afin de mieux surveiller et contrôler la distribution de ce bien précieux.



### Diagnostic complet

La technologie Heartbeat d'Endress+Hauser assure le diagnostic, la surveillance et la vérification du Promag W 800. Dès lors, les fonctions de contrôle légal, les autodiagnostic en continu et la vérification de l'instrument sont assurés sans interruption du process.



### Utilisation facile

Avec l'application SmartBlue pour smartphones et tablettes, tous les paramètres de communication sont préconfigurés, ce qui permet à l'utilisateur de mettre l'instrument de mesure en service par Plug and Play.



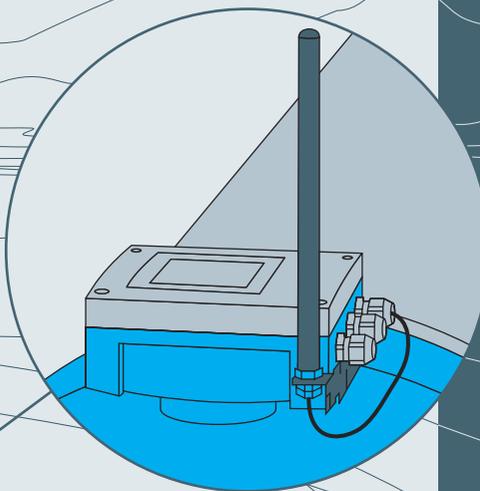
### Sécurité des données

Lors de la transmission et de l'enregistrement dans le Cloud, les données du Promag W 800 sont cryptées selon les standards les plus exigeants. Elles sont ainsi sécurisées contre le piratage.



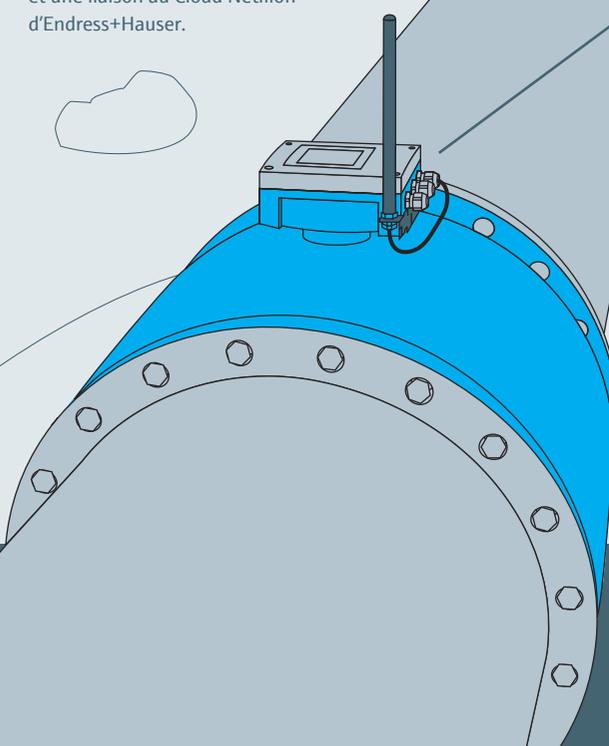
### Intégration simple

La communication des données peut être adaptée aux différents scénarios d'application. Les clients ont le choix entre un appareil de mesure sans transmission de données, une solution pouvant être intégrée au sein de leur propre structure de connectivité et une liaison au Cloud Netilion d'Endress+Hauser.



### Longue durée de vie

L'électronique intelligente adapte à la fois les intervalles de mesure et la transmission des données en fonction des besoins. Lorsque les débits fluctuent, le système effectue des mesures plus fréquentes et informe immédiatement le poste de contrôle à chaque dépassement des valeurs limites.



# Une orientation claire

En matière de développement de l'entreprise, Endress+Hauser poursuit des objectifs à long terme. Elle s'appuie pour cela sur des valeurs solides. Le bien-fondé de cette démarche se confirme : elle profite aux personnes, à l'environnement et à l'entreprise.

Texte : Martin Raab

Photographie et illustration : Endress+Hauser, Christoph Fein, Thomas Frank, Shutterstock, 3st



91,2 %

de toutes les livraisons d'Endress+Hauser en Europe sont arrivées dans les délais en 2021.

112 000

clients ont utilisé les fonctions d'endress.com avec leur compte personnel en 2021.

2,6

millions de capteurs Endress+Hauser ont été fabriqués et livrés l'année dernière.

# Vote de confiance

Quelles sont les entreprises qui jouissent de la plus grande confiance ? Le magazine économique allemand Focus-Money a mené une enquête sur ce thème auprès de 21 000 entreprises et marques de plus de 200 secteurs d'activité. Dans le domaine de l'instrumentation, Endress+Hauser se situe tout en haut de la liste. Un instantané. Mais comment s'explique cette confiance des clients, après deux ans de pandémie de surcroît ?

Endress+Hauser a été en mesure d'assurer ses livraisons tout au long de la pandémie. Les chaînes d'approvisionnement et de logistique ont été mises à rude épreuve mais ont tenu bon. Au prix de grands efforts, nous sommes parvenus à préserver la disponibilité des matériaux de production. En cela, nos relations de longue date avec nos fournisseurs ont été d'une grande aide. En logistique, notamment pour les livraisons, nos spécialistes sont parvenus à garantir les capacités de transport requises alors que de nombreuses liaisons ne fonctionnaient plus. « Chaque expédition a été une bataille », raconte Oliver Blum, Corporate Director Supply Chain. Plus de neuf livraisons sur dix sont arrivées en temps voulu, ce qui est un excellent résultat même en temps normal.

Endress+Hauser est resté disponible tout au long de la pandémie. La digitalisation y a contribué. Les commerciaux ont pu conseiller les clients depuis leur domicile et les techniciens de service, fournir une assistance à distance. Il y a longtemps déjà qu'endress.com offre non seulement des informations mais aussi quantité de services. Nos clients apprécient cette combinaison de monde physique et de monde virtuel. À l'échelle mondiale, la part des activités digitales est encore faible. Mais les canaux en ligne jouent un rôle croissant, souligne Nikolaus Krüger, Chief Sales Officer : « Au Brésil, nous réalisons déjà un cinquième de nos activités en ligne. Là-bas, six clients sur sept sont déjà actifs par voie électronique. »

Endress+Hauser a fait preuve de fiabilité tout au long de la pandémie. Notamment à l'égard de son personnel. Dès le début de la crise sanitaire, le groupe a annoncé qu'il ferait tout son possible pour conserver ses collaborateurs et éviter le chômage partiel. Lorsque les activités ont repris, le personnel était là, à la vente comme à la production, et a fait preuve d'un engagement total. « La confiance dans la marque Endress+Hauser tient aux personnes qui composent l'entreprise, souligne le CEO Matthias Altendorf, elles incarnent nos valeurs et remplissent les engagements de la marque. »

# Nouvelle génération

La nouvelle génération de la famille des actionnaires prend la barre : Sandra Genge, l'une des petites-filles de Georg H. Endress, le fondateur de l'entreprise, vient de rejoindre le Supervisory Board d'Endress+Hauser. Elle succède en cela à Hans-Peter Endress (75 ans) qui a quitté sa fonction en raison de son âge. Sandra Genge (née en 1977), mère de trois enfants, travaille comme conseillère en communication freelance. Elle représente la jeune génération de la famille et siège au Conseil de Famille depuis 2006 déjà.



« L'entreprise apporte la preuve que des technologies de mesure éprouvées peuvent toujours être développées plus avant. C'est pourquoi Endress+Hauser se positionne dans le top 10 de notre classement. »

Le magazine économique suisse Bilanz au sujet de la 7<sup>e</sup> place d'Endress+Hauser au classement des entreprises les plus innovantes de Suisse en 2022.



## Deux bonnes raisons de bouger

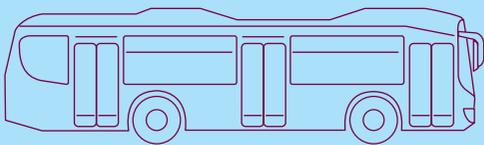
Avez-vous déjà mis en œuvre vos bonnes résolutions pour 2022 ? Des dizaines de collaborateurs d'Endress+Hauser montrent l'exemple. C'est au CEO Matthias Altendorf que l'on doit l'idée. Avec elle, il souhaite soutenir le « Water challenge » Endress+Hauser, une initiative dans le cadre de laquelle des collaborateurs et collaboratrices du monde entier collectent de l'argent grâce à des courses solidaires pour offrir à des gens un accès à de l'eau propre. Le groupe, pour sa part, double le montant perçu. La crise sanitaire étant peu propice aux activités collectives, chaque personne peut maintenant agir seule. Le principe : un objectif en lien avec une activité physique. Le CEO a l'intention, pour sa part, de fendre dix stères de bois provenant de sa propre forêt. Dans le monde entier, 120 collaborateurs vont aller courir, faire du ski ou nager pour cette bonne cause. Les dons ainsi recueillis seront reversés pour de nouveaux projets aux Philippines et en Inde.

## Cellule d'innovation

Eau polluée, denrées alimentaires modifiées, lait contaminé ? Des analyses moléculaires rapides vont, à l'avenir, permettre de détecter avec certitude les contaminations les plus infimes sur le terrain. Endress+Hauser et la société allemande de recherche appliquée Hahn Schickard ont créé à cet effet la coentreprise Endress+Hauser BioSense, chargée de développer les procédés et appareils correspondants pour un usage au cœur des process et en laboratoire. Comme d'autres entités innovantes d'Endress+Hauser, la start-up qui travaille sur de nouvelles technologies de capteurs, des biocapteurs et des solutions pour l'industrie 4.0 est implantée sur le campus de l'université de Fribourg.

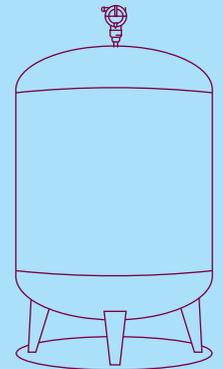
## Signes de transition

Chez Endress+Hauser également, les signes de la transition énergétique se dessinent toujours plus clairement et certains, pour ainsi dire, fleurissent même.



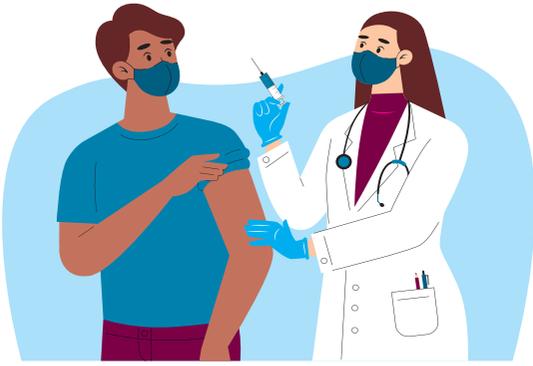
### ALLER TRAVAILLER EN RESPECTANT LE CLIMAT

À Aurangabad en Inde, environ 250 personnes fabriquent des instruments de mesure pour Endress+Hauser. Le matin, des bus vont chercher les employés résidant aux alentours et les ramènent chez eux le soir. Depuis peu, deux bus électriques du fabricant Tata Motors sont en service. Les véhicules de 9 m de long peuvent accueillir 34 passagers. Comme les installations photovoltaïques sur le toit de l'usine produisent de l'électricité verte, ces bus électriques circulent non seulement sans émission, mais aussi sans impact sur le climat.



### CHALEUR EN STOCK

Les nouveaux bâtiments du centre de production de débitmètres à Reinach en Suisse, soit plus de 25 000 m<sup>2</sup> de surface, sont neutres pour le climat. Le concept énergétique du site repose entre autres sur la photovoltaïque. Des panneaux solaires supplémentaires portent la puissance installée à un mégawatt-crête. Autre clé d'efficacité énergétique : un accumulateur de chaleur d'une capacité de 57 000 litres collecte la chaleur perdue dans l'entreprise et la redistribue en cas de besoin pour chauffer les bâtiments et produire de l'eau chaude.



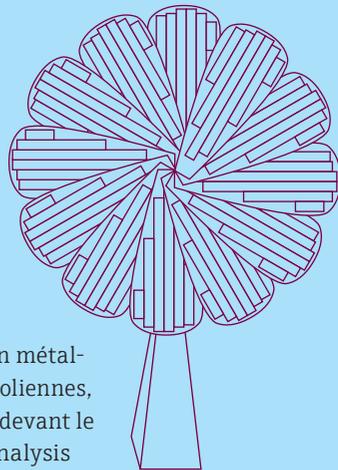
## Une piqûre qui sauve

La vaccination contre le coronavirus réduit les risques de contagion et protège efficacement contre les évolutions sévères de la maladie. Aussi Endress+Hauser a veillé à ce que ses collaborateurs, mais aussi leurs proches et les employés d'entreprises voisines puissent se faire vacciner. Une initiative sur le site de production d'Aurangabad dans l'ouest de l'Inde a pris d'importantes proportions : avec l'aide de l'association industrielle CII et du conglomérat Bajaj, Endress+Hauser a mis en place un centre de vaccination sur le campus de l'entreprise. Des employés de microentreprises et de PME de la région, mais aussi des habitants des villages environnants sont venus par milliers recevoir le vaccin gratuitement. À ce jour, plus de 50 000 doses ont été administrées.



## Offensive formation

Des collaborateurs bien formés sont l'une des clés de la réussite d'Endress+Hauser. S'engager en faveur de la formation des jeunes est en outre un geste de responsabilité sociale. C'est pourquoi, à long terme, Endress+Hauser souhaite multiplier par plus de deux son taux de formation. Cinq pour cent de tous les postes dans le monde doivent être réservés aux stagiaires, aux apprentis et aux étudiants.



### DRÔLE DE VÉGÉTATION

Un arbre à vent, une construction métallique portant des mini-turbines éoliennes, se dresse depuis longtemps déjà devant le site d'Endress+Hauser Liquid Analysis à Gerlingen en Allemagne. Désormais, un tournesol y fleurit aussi : les modules photovoltaïques de la Smart Flower s'ouvrent comme les pétales d'une fleur et suivent le soleil tout au long de la journée. Avec un diamètre de près de 5 mètres, le tournesol est un témoignage visible du concept énergétique durable mis en œuvre sur le site. Accessoirement, il produit en pointe jusqu'à 4,5 kW d'électricité.

# 3 000 000



débitmètres électromagnétiques ont été vendus depuis 1977 par Endress+Hauser. Cette technologie permet de mesurer des fluides conducteurs comme l'eau, le lait et les boissons, mais aussi les boues, les acides ou les solutions alcalines, et ce, dans des tuyaux minuscules de 2 mm ou géants de 3 m de diamètre.

” Nos chiffres d'affaires ont connu une croissance dynamique en Asie et en Amérique, et ont bien progressé en Europe. Au Proche-Orient, en revanche, nos activités ont reculé en raison de l'importance du poids des activités du secteur du pétrole et du gaz.

## Chiffre d'affaires net

**2,88** Mrd €  
(+11,7%)

## Chiffre d'affaires par région

Europe  
**1 257** Mio €  
(+7,2%)



Amérique  
**624** Mio €  
(+16,8%)

Afrique/Proche-Orient  
**102** Mio €  
(-4,6%)

Asie/Pacifique  
**896** Mio €  
(+17,4%)

# 2021



## Profitabilité des ventes

**16,1** %  
(2020 : 13,1%)

” Les frais d'exploitation ont augmenté moins rapidement que le chiffre d'affaires et les placements financiers ont généré de bons rendements. Ces deux paramètres ont favorisé la profitabilité.



## Investissements

**193** Mio €  
(2020 : 206 Mio €)

## Résultat après impôts

**357** Mio €  
(+40,0%)



L'exercice  
en bref

” Durant l’année de crise 2020, nous avons gardé nos employés. Ainsi, lorsque les activités ont repris en 2021, nous avons pu soutenir nos clients immédiatement. Afin de répondre à la demande, nous avons créé de nouveaux postes, principalement dans le domaine de la production.



**Effectifs**  
**15 117**  
(+ 663)



**Évaluation EcoVadis :**  
**niveau platine**  
**76/100**  
**points**  
(2020 : 72 points)

” Nous avons pu, une fois de plus, améliorer notre score dans le cadre de l’évaluation de durabilité indépendante d’EcoVadis, et nous placer, pour la cinquième année consécutive, dans le groupe de tête. Endress+Hauser compte donc parmi les meilleures des entreprises comparées.



” Comment s’est porté Endress+Hauser l’année dernière ?

### Une forte poussée de croissance

En 2021, Endress+Hauser a repris le chemin de la croissance. L’année dernière, nos activités ont bien commencé, puis ont pris de plus en plus d’élan au fil du temps. Il en a résulté une hausse de près de 12 % du chiffre d’affaires net ; les entrées de commandes ont même connu une augmentation plus élevée encore. Nous nous sommes donc non seulement améliorés par rapport à l’exercice précédent, mais les chiffres sont nettement supérieurs à ceux de 2019. Nous ne nous attendions pas à une évolution aussi dynamique. Tous nos secteurs d’activité stratégiques ont contribué à cette forte croissance, avant tout les sciences de la vie, la chimie et l’agroalimentaire. Les bénéfices et les effectifs étant eux aussi plus élevés que jamais, nous pouvons dire avec fierté que 2021 aura été une « meilleure année » pour Endress+Hauser !

LUC SCHULTHEISS, CFO



**Part de R&D**  
**7,4%**  
(2020 : 7,6%)

” Nous avons fortement augmenté nos dépenses en recherche et développement (+ 9,4%), mais notre chiffre d’affaires a augmenté plus rapidement encore.



**Dépôts de brevets**  
**258**  
(2020 : 276)

# Énergie solaire et géothermie

1



2

3



Endress+Hauser Canada a impliqué ses collaborateurs dans la planification d'un nouveau bâtiment d'entreprise. Le résultat : de bonnes idées à foison pour l'immeuble le plus vert du pays. Le nouveau Customer Experience Center à Burlington (Ontario) génère plus d'énergie renouvelable qu'il n'en consomme. Seul le chef de cuisine n'est pas entièrement satisfait.

Texte : Laurin Paschek  
Photos : Philip Castleton

Forêts de conifères enneigées, paysages hivernaux à perte de vue... Telle est l'image qu'évoque le Canada pour beaucoup d'entre nous. En réalité, le Canada est un pays d'extrêmes. Si la température peut tomber à moins 30°C, voire plus bas encore en hiver, y compris dans les régions du sud les plus densément peuplées près des Grands Lacs, en été, le climat est chaud et humide, avec parfois des périodes de fortes chaleurs dépassant 35°C.

Dans ce contexte, on comprend que les bâtiments doivent souvent être non seulement chauffés mais aussi climatisés. Pour se chauffer, les Canadiens utilisent encore pour l'essentiel du gaz fossile ; pour le refroidissement, la climatisation électrique. Toutefois, comme l'énergie hydraulique joue traditionnellement un rôle important dans le pays, le second pays le plus grand du monde couvre déjà les deux tiers de ses besoins en électricité à l'aide de sources renouvelables.

### TROIS CERTIFICATIONS EN MÊME TEMPS

Pour la société de commercialisation canadienne d'Endress+Hauser, la question d'une alimentation énergétique durable s'est posée à la fin de l'année 2018. « Lorsque nous avons discuté avec nos collaborateurs et la direction de notre nouveau Customer Experience Center à Burlington, il n'y a eu aucun doute dès le départ : nous voulions investir dans une technologie verte », raconte Anthony Varga, Directeur Général d'Endress+Hauser Canada. Puis il ajoute : « Avec cette décision, nous sommes devenus des pionniers au Canada. » Pourquoi ? Endress+Hauser est la première entreprise privée à viser chacune des trois certifications du Conseil du bâtiment durable du Canada : Net Zero Energy, Zero Carbon Building Standard et LEED Or (Leadership in Energy and Environmental Design).

Une fois le signal du départ donné, Eliza Vrbanac, cheffe de projet, et son équipe ont élaboré un concept complet pour le bâtiment administratif qui sert également de Customer Experience Center. Le premier étage abrite une unité de formation aux process (PTU). Elle comporte une installation pilote grâce à laquelle les clients pourront tester les applications d'Endress+Hauser dans des conditions de process variées, ainsi qu'un laboratoire d'étalonnage, un atelier et un centre de formation. Au deuxième étage, des espaces de travail flexibles accueillent jusqu'à cent vingt collaborateurs. « Au-delà du deuxième étage, nous avons par exemple orienté les fenêtres vers le sud afin de laisser pénétrer pleinement la lumière du jour dans le bâtiment », explique Eliza Vrbanac avant d'ajouter : « Et dans l'atrium, un ficus de 4 m de haut améliore la qualité de l'air de manière tout à fait naturelle. »



4

### 775 PANNEAUX SOLAIRES ET 24 PUIITS PROFONDS

Deux éléments principaux sont au cœur du concept : une installation solaire sur le toit du bâtiment et un système de pompe à chaleur géothermique alimenté en électricité par cette dernière. Les 775 panneaux solaires sont capables, d'après les calculs, de produire environ 408 000 kWh par an. « Face à cela, la consommation annuelle moyenne calculée est d'environ 350 000 kWh, autrement dit, la production d'énergie dépasse la consommation et nous pouvons même injecter de l'électricité dans le réseau », explique la cheffe de projet.

Pour ce qui est de l'installation géothermique, 24 puits situés sous le parking du personnel vont puiser la chaleur à une profondeur d'environ 180 m. « Nous avons posé presque 9 km de tuyauterie à cet effet », explique Eliza Vrbanac. « À l'endroit où nous nous trouvons, à 180 m de profondeur, la température est de 12 degrés toute l'année. Grâce à notre système, de l'eau additionnée de glycol est pré-tempérée avant d'être amenée dans le bâtiment où elle sert de source pour les pompes à chaleur et ne doit plus être chauffée que d'environ 10 degrés. » Et le meilleur : les cent trente pompes à chaleur fournissent directement de l'air chauffé à 20 degrés dans les différentes zones du bâtiment. Selon la température extérieure, elles font donc office à la fois de chauffage et de climatisation.

### LE GAZ... UNIQUEMENT POUR LE BARBECUE

« Toutes les mesures prises découlent d'une enquête réalisée auprès du personnel », souligne Anthony Varga qui précise : « Et, avec entre autres une salle de fitness, des douches et des vestiaires, ainsi qu'une salle de prière interreligieuse, nous avons pu répondre à de nombreux souhaits. » Toutefois, le barbecue au gaz installé sur le toit-terrasse du bâtiment constitue l'équipement de loisir numéro un. « Au Canada, le barbecue est très important, explique le directeur en souriant, nous avons donc toujours un raccordement au gaz naturel, mais nous ne l'utilisons plus que pour faire des grillades. »

1  
Eliza Vrbanac, cheffe de projet chez Endress+Hauser : « Nous pouvons même injecter de l'électricité dans le réseau ».

2  
Le Customer Experience Center vise trois certifications du Conseil du bâtiment durable du Canada.

3  
De vastes fenêtres laissent pénétrer pleinement la lumière du jour dans le bâtiment.

4  
Dans l'unité de formation aux process, les clients peuvent tester les instruments dans les conditions les plus diverses.

# Des liens solides

Comment une entreprise gagne-t-elle la confiance de ses clients ? Klaus Endress et Matthias Altendorf répondent : de bonnes relations commerciales se construisent. Et le plus important, ce sont les individus.

Questions : Martin Raab  
Photographie : Andreas Mader

**Monsieur Altendorf, Monsieur Endress, le groupe a derrière lui une excellente année. Vous y attendiez-vous ?**

**Matthias Altendorf :** En aucun cas. La succession de vagues de Covid-19 nous a rendus prudents. Pour 2021, nous nous étions fixés pour but d'effacer les traces laissées par la pandémie. Au cours du premier semestre, en tout cas, nous ne pensions pas dépasser le niveau de 2019.

**Klaus Endress :** Début 2021, personne n'aurait osé espérer que nous finirions si bien l'année... selon notre définition, cela a même été une « meilleure année » : jamais encore nos carnets de commandes, chiffre d'affaires, bénéfices et effectifs n'avaient été aussi élevés.

**La famille et le Supervisory Board sont donc satisfaits de cet exercice ?**

**K. Endress :** Je ne suis jamais totalement satisfait... On peut toujours tout faire encore mieux. Mais je suis heureux de ce résultat, et je suis fier de l'entreprise et des individus qui la composent !

**Quels ont été les éléments déterminants de cette bonne évolution ?**

**M. Altendorf :** La Chine, locomotive économique, a bien joué son rôle. Les États-Unis sont également sortis de la crise rapidement et, dans la foulée, l'Europe qui exporte beaucoup vers ces deux régions. Une bonne moitié de cette croissance est attribuable à des effets de rattrapage. Mais les moteurs mondiaux comme la santé, l'énergie et l'alimentation ont également agi. D'importants investissements ont été effectués dans les équipements pharmaceutiques, ainsi que dans les domaines de l'électromobilité et de la transition énergétique. Nos secteurs d'activité stratégiques, qu'ils soient cycliques ou acycliques, se sont tous bien développés.

« Début 2021, personne n'aurait osé espérer que nous finirions si bien l'année. »

**Klaus Endress,**  
President of the Supervisory Board  
du groupe Endress+Hauser



## **Endress+Hauser a connu une meilleure croissance que le marché. Comment expliquez-vous cette réussite ?**

**M. Altendorf :** La proximité client est un facteur important, la force d'innovation en est un autre. Nos clients doivent sentir que nous pouvons les aider à s'améliorer. À cela vient s'ajouter le fait que, chez Endress+Hauser, ce ne sont pas les résultats à court terme qui sont au premier plan, mais nos objectifs à long terme. Nous ne changeons pas de cap simplement parce que nous avons soudain le vent de face. Mais surtout, chez nous, les personnes sont au centre de tout. Les principaux moteurs de notre réussite, ce sont nos collaborateurs !

**K. Endress :** Tout le monde a fait de grands efforts. Nous soutenons nos collaborateurs et ils nous soutiennent. Dès le début de la pandémie, nous avons clairement dit que nous voulions garder tout le monde à bord. Que nous voulions éviter le chômage partiel et ne voulions pas bloquer nos investissements. Tout cela crée bien sûr des liens particuliers. Nous travaillons tous vers un objectif commun et cela mène toujours à un résultat spectaculaire.

## **D'après une étude allemande, Endress+Hauser est la marque la plus fiable dans le domaine de l'instrumentation. D'où vient cette confiance ?**

**M. Altendorf :** Une telle confiance ne naît pas du jour au lendemain. Elle grandit au fil des décennies. Et nous devons la mériter, encore et toujours.

## **Cette confiance a-t-elle encore augmenté durant la pandémie ?**

**M. Altendorf :** C'est dans les situations difficiles que l'on constate à quel point une relation est solide, y compris une relation commerciale, et Endress+Hauser a prouvé qu'elle était fiable, même dans des situations extrêmes.

**K. Endress :** Nous avons continué à assurer nos livraisons durant la pandémie. L'année dernière, nous avons tenu plus de 90 % de nos engagements en matière de délais de livraison, alors que les voies de livraison étaient coupées et qu'il manquait des pièces. Et nous n'avons pas profité de la situation. La confiance repose sur le respect. Les clients sentent bien comment ils sont traités. Ils n'oublient pas ce genre de choses.

**M. Altendorf :** Nous jouissons de cette confiance sur le marché à cause de notre personnel. Chez Endress+Hauser, les collaborateurs, la direction et les actionnaires partagent les mêmes valeurs. La responsabilité, la confiance et l'engagement notamment. Chaque jour, nous nous efforçons de vivre ces valeurs dans notre travail. Cela me fait penser au banquier Alfred Herrhausen. Il a dit un jour : « Nous devons dire ce que nous pensons. Nous devons faire ce que nous disons. Et nous devons être ce que nous faisons. »

## **La culture d'entreprise est fortement influencée par la famille des actionnaires. Quels sont vos sujets de discussion ?**

**K. Endress :** Des questions de succession entre autres. Nous avons fixé une limite d'âge de 75 ans dans nos comités. De ce fait, mon frère aîné, Hans-Peter Endress, a quitté le Supervisory Board cette année. Cela fait plusieurs années que nous avons réglé cette succession et que nous l'avons communiqué : ma nièce, Sandra Genge, va prendre sa place. Ces deux dernières années, elle a assisté aux réunions et aux manifestations du Supervisory Board en tant qu'observatrice et s'est minutieusement préparée à sa tâche. Elle en est maintenant devenue officiellement membre. Ma succession est, elle aussi, entièrement réglée. Là encore, c'est un processus qui a pris des années. Tout cela fonctionne sans problème parce que nous prenons

### **LE LIEN AVEC LA FAMILLE**

Klaus Endress (né en 1948) possède un diplôme d'ingénieur en gestion de l'Université Technique de Berlin. Il est entré dans l'entreprise fondée par son père en 1979 et a pris la tête du groupe en 1995 avant de devenir President of the Supervisory Board en 2014. Klaus Endress est marié et père de deux enfants adultes. Passionné d'équitation et de VTT, il passe du temps dans la nature chaque fois qu'il le peut, souvent en compagnie de sa chienne Maya.

*« C'est dans les situations difficiles que l'on constate à quel point une relation est solide, et Endress+Hauser a prouvé qu'elle était fiable. »*

**Matthias Altendorf,**  
CEO du groupe Endress+Hauser



*« Nous travaillons tous vers un objectif commun et cela mène toujours à un résultat spectaculaire. »*

**Klaus Endress,**  
President of the Supervisory Board du groupe Endress+Hauser



beaucoup de temps et nous donnons beaucoup de mal pour cela. Le fait que nous soyons une entreprise familiale le permet.

### **La nouvelle stratégie 2027+ revêt également une grande importance pour l'avenir du groupe. Quels en sont les grands axes ?**

**M. Altendorf :** Pour l'essentiel, nous poursuivons la stratégie déjà en place. Le thème de la digitalisation est devenu plus concret ; nous avons vu dans quels domaines nous devons avancer encore. Le développement de nos activités en Asie et en Amérique, où nos parts de marché sont inférieures à celles que nous possédons en Europe, est un projet à long terme. La protection de l'environnement et du climat de même que la transition énergétique sont des sujets importants pour nos clients et la société. Ici également, nous pouvons apporter notre contribution pour relever ces défis. En ce qui concerne les individus, avec la digitalisation, les environnements de travail changent. Afin de rester proches de nos clients et de ne pas perdre notre cohésion, nous devons trouver le moyen de faire vivre notre culture d'entreprise dans ces univers de travail numériques et mondiaux.

### **Quelle est la particularité de la stratégie 2027+ à vos yeux, Monsieur Endress ?**

**K. Endress :** Ce que je trouve particulier, c'est notre objectif d'agir comme une seule entreprise et d'être perçus comme tel. La structure d'Endress+Hauser, avec ses sociétés de commercialisation, ses centres de production, sa holding et ses sociétés de support, a fait ses preuves. Cette structure favorise une certaine logique au sein des entités. Nous devons néanmoins envisager les choses du point de vue de nos clients. Nous souhaitons y parvenir grâce à des processus commerciaux transversaux qui vont du client à nous et de nous au client.

### **La transition énergétique est l'un des thèmes de la stratégie.**

#### **Est-ce qu'Endress+Hauser doit craindre de perdre des domaines d'activités traditionnels ?**

**M. Altendorf :** Non, je ne crois pas que nos activités soient en danger. Premièrement, notre part du marché pétrolier et gazeux est très petite, nous ne sommes pas un grand acteur dans ce domaine. Deuxièmement, le pétrole ne va pas disparaître du jour au lendemain. C'est une évolution qui va prendre plusieurs décennies. Les nouveaux vecteurs énergétiques comme l'hydrogène vert et les carburants synthétiques arrivent, et ils vont remplacer les sources fossiles comme le charbon et le pétrole. Cela signifie que les processus vont changer ou être adaptés. Mais, dans ces nouvelles applications également, il faut effectuer des mesures pour piloter les installations.

### **Venons-en aux perspectives : qu'attendez-vous pour l'année en cours ?**

**M. Altendorf :** Sur le plan politique, les foyers de crise connus comme le conflit russo-ukrainien sont une source d'inquiétude. Sur le plan économique, l'inflation est un motif d'incertitude. Pour moi, le risque conjoncturel est le plus élevé dans les pays qui poursuivent une stratégie zéro Covid. Bien entendu, nous espérons que la pandémie va bientôt devenir une endémie. Dès que tout rouvrira et que la vie reprendra son cours, cela va booster l'économie mondiale. C'est pourquoi, d'une manière générale, nous pensons que 2022 sera une année de croissance. Qu'elle soit à un ou à deux chiffres, ce n'est pas important pour moi. Nous allons croître et nous développer, et tout faire pour rendre nos clients heureux.

*« Nous allons croître et nous développer, et tout faire pour rendre nos clients heureux. »*

**Matthias Altendorf,**  
CEO du groupe Endress+Hauser

#### **PROFONDÉMENT ENRACINÉ DANS L'ENTREPRISE**

Matthias Altendorf (né en 1967) a commencé sa carrière chez Endress+Hauser par un apprentissage de mécanique, suivi d'études universitaires, de séjours à l'étranger et de formations complémentaires. Entré à l'Executive Board en 2009, il a pris la direction du groupe en 2014. Pour récupérer, Matthias Altendorf fait de la voile, de la moto, joue aux échecs et travaille en forêt. Ses autres centres d'intérêt sont les voyages, l'art et la lecture. Matthias Altendorf est marié, il a un fils adulte.

## Et vous, Monsieur Endress ?

**K. Endress :** Le monde dans lequel nous vivons est fragile depuis plus de dix ans. Et dans un monde fragile, une entreprise n'a qu'une solution : se concentrer sur ses clients. C'est la seule chose à laquelle on peut se fier dans le temps. Nous allons soutenir nos clients chaque fois que nous le pourrons, et du mieux que nous le pourrons. Nous avons d'excellents produits. L'instrumentation va toujours de pair avec efficacité, qualité, protection de l'environnement... À cet égard, nous ne pouvons pas nous tromper. Et si nous faisons les choses comme il faut, nous aurons encore suffisamment de travail dans cent ans !

## Pour finir, une question personnelle... À votre avis, qu'est-ce qui pourrait faire de 2022 une très bonne année, une « meilleure » année ?

**M. Altendorf :** Que nous surmontons la pandémie, que nous retrouvons une grande liberté de mouvement et que nous puissions à nouveau planifier notre vie comme nous l'entendons. Ça serait un vrai bonheur !

**K. Endress :** Que la communauté internationale s'attaque à la transition climatique lorsque le monde retrouvera son calme sur le plan politique, rien ne pourrait me réjouir davantage !

1



1 Perspectives à long terme : en 2021, Endress+Hauser a réalisé ses grands projets d'investissement comme prévu.

2 Une collaboration sous le signe de la confiance : Matthias Altendorf (à droite) s'entretient avec Klaus Endress.

2

# Adresse bibliographique

## changes

Le magazine d'Endress+Hauser

## Adresse

Endress+Hauser AG  
Kägenstrasse 2  
4153 Reinach BL  
Suisse

## Éditeur

Matthias Altendorf

## Rédaction

Christine Böhringer, Robert Habi,  
Laurin Paschek, Martin Raab (chef de rédaction)

## Art Direction

Teresa Bungert, Katrin Janka

## Équipe de projet

David Bosshard, Corinne Fasana,  
Selina Meier, Kristina Rodriguez,  
Sandra Rubart, Sascha Stadelbacher

## Auteurs

Richard Backhaus, Robert Habi, Frank Jablonski,  
Lisa Schwarz, Frank Urbansky

## Traduction, adaptation linguistique

Nathalie Cazier, Béatrice Roth, Christelle Hauer

## Crédits photographiques

Philip Castleton, Climeworks, Tobias Cornille (Unsplash), Endress+Hauser, Christoph Fein, Thomas Frank, Getty Images, H-Tec-Systems, Benjamin Hardman, Enno Kapitza, KMW, Andreas Mader, Christoph Papsch, Shutterstock, stocksy, ZSW

## Illustration

Pia Bublies, 3st kommunikation

## Conception, production, lithographie

3st kommunikation GmbH, Mayence/Allemagne

## Impression

+siggset+ print & media AG, Albruck/Allemagne

changes paraît en allemand, anglais, chinois, espagnol et français. Pour obtenir d'autres exemplaires, veuillez envoyer un e-mail à [changes@endress.com](mailto:changes@endress.com).

Le numéro actuel est disponible en ligne sur [www.endress.com/changes](http://www.endress.com/changes).

Impression climatiquement neutre





# People for Process Automation

Endress+Hauser 