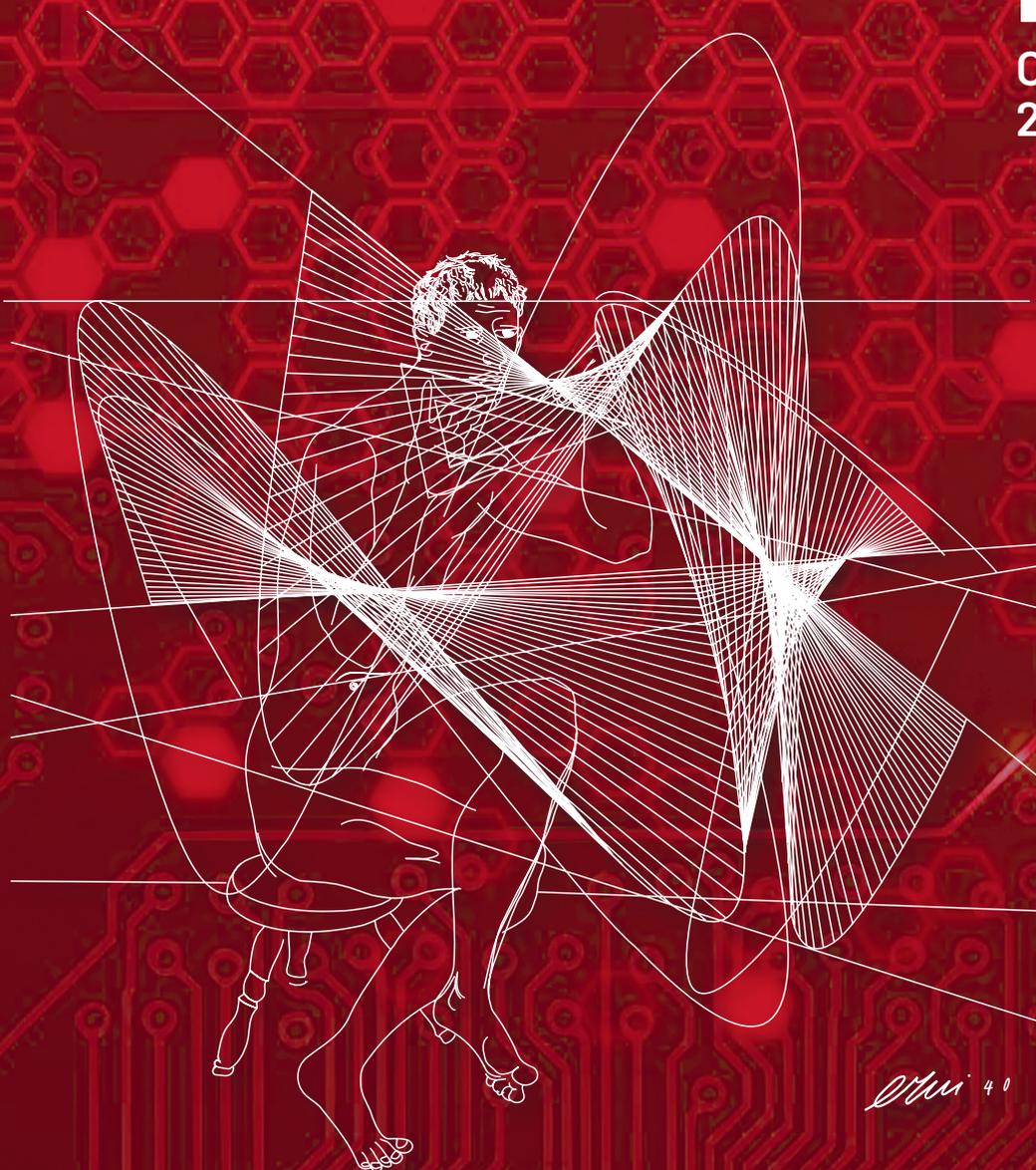


La Revue POLYTECHNIQUE

Fondée en 1898

N° 10

Octobre
2023



l'uni 40

- Traitement intelligent de l'image dans l'industrie 4.0
- Un système intelligent de gestion de la recharge
- Découverte incertaine d'un supraconducteur à température et pression ambiantes
- Fusion nucléaire : le tokamak de l'EPFL fête ses 30 ans
- Principes, lois et théories
Les lois de Kepler
- Une technologie sud-coréenne permet de réduire les coûts de l'électricité
- Les vols martiens d'Ingenuity
- Un nouveau capteur de l'humidité de l'huile
- Fabrication additive : quelle technologie utiliser ?
- La métrologie pour répondre aux défis de la complexité croissante
- Le marqueur de l'inflammation cérébrale enfin décodé
- L'importance du bien vivre au travail pour favoriser la rétention des talents
- Le salon mondial du nucléaire civil

www.revue-polytechnique.ch

Sommaire 2023 – N° 10

Editorial par Michel Giannoni

> E. Coli synthétise un nouveau matériau 3

Articles

Optoélectronique

> Traitement intelligent de l'image dans l'industrie 4.0 4

Électrotechnique

> Un système intelligent de gestion de la recharge 6

Physique nucléaire

> Fusion nucléaire: le tokamak de l'EPFL fête ses 30 ans 8

Physique

> Découverte incertaine d'un supraconducteur à température et pression ambiantes 13

> Principes, lois et théories
Les lois de Kepler 24

Énergie

> Une technologie sud-coréenne permet de réduire les coûts de l'électricité 16

Espace

> Les vols martiens d'Ingenuity 18

Sensorique

> Un nouveau capteur de l'humidité de l'huile 20

Mécanique

> Fabrication additive: quelle technologie utiliser? 23

Métrologie

> La métrologie pour répondre aux défis de la complexité croissante 26

Recherche

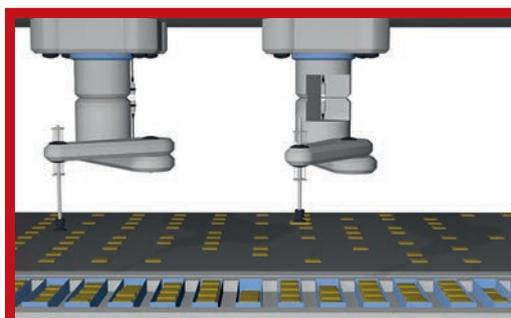
> Le marqueur de l'inflammation cérébrale enfin décodé 29

Construction

> L'importance du bien vivre au travail pour favoriser la rétention des talents 30

Rétrospective

> Un salon professionnel couronné de succès 33



Les nouveaux coupleurs inductifs BIC G30 dotés de l'interface IO-Link sont particulièrement adaptés aux applications où les exigences d'hygiène sont élevées. (Balluff AG, page 40)

Expositions

> Le salon mondial du nucléaire civil 34

Rubriques

> Rétrospective 19

> Agenda 21

> Atomes 22

> Espace & Particules 22

> Informatique & Télécommunications 28

> Énergie & Environnement 28

> Bibliographie 32

> Problèmes du mois 36

> Qui cherche... trouve! 37

> Carnet de bord 38

De la Recherche à l'Application :

Équipements industriels

> De nouveaux coupleurs inductifs 40

> Mécaniques robotiques et automatisation adaptative 40

> Quatre nouvelles séries de pompes à membrane 40

> Des barrières lumineuses miniaturisées 41

Électronique, électrotechnique, moteurs

> Des alimentations d'entrée triphasées 41

> La connectivité Ethernet à paire unique 41

Informatique, bureautique, télématique

> Des panels PC industriels IP65 42

Mesure, commande, régulation, automatisme

> Un nouveau débitmètre à passage intégral 42

En bref

> Un modèle couleur-efficacité pour les modules photovoltaïques 17

> Études de faisabilité 2023: l'OPI soutient seize entreprises 17

> Centrale nucléaire de Beznau: remise en service de la tranche 2 après révision 42

Associations

> GESO 43

> Swiss Electronics Cluster 43

> ASRTM 44

> swissT.net 44

> UIG 45

> FSPM-SVMF 45

Guide

> Prochaines éditions 2

> Guide de l'acheteur 46

> Impressum 46

> Données média 2024 47

> Abonnements 51

> Index 51

Prochaines éditions

La Revue POLYTECHNIQUE N° 11

> Parution : 23.11.2023

> Quelques thèmes de la revue :

- Principes, lois et théories: les lois des gaz parfaits
- Atomes: le thallium
- Retour sur la journée études de la Société suisse de chronométrie
- Rendez-vous du décolletage
- Journée de la technique de Swiss Engineering

La Revue POLYTECHNIQUE N° 12

> Parution : 21.12.2023

Pour tout renseignement :
www.polymedia.ch



À nos lecteurs

Notre programme rédactionnel est varié et, chaque mois, nous abordons des thèmes divers et panachés.

L'occasion pour votre entreprise ou votre centre de recherche de faire connaître de nouvelles technologies ou de nouveaux produits. Vos textes rédactionnels inédits doivent nous parvenir un mois avant la parution à :

redac@polymedia.ch ou à

POLYMEDIA SA, Av. de Riond-Bosson 12, 1110 Morges.

En ligne sur polymedia.ch

Une jeune pousse et un groupement de PME genevoises remportent le défi de la FTI 2023



Darknet : comment y accéder et quels sont les risques ?



L'intelligence artificielle et les métiers



Fusion nucléaire : le tokamak de l'EPFL fête ses 30 ans



Études de faisabilité 2023 : l'OPI soutient seize entreprises



Les PME de la branche MEM misent sur la formation



Editorial

E. Coli synthétise un nouveau matériau

Par Michel Giannoni

Dans un récent article paru dans la revue *Nature Physics*, une équipe autrichienne dirigée par le professeur Jérémie Palacci de l'Institut autrichien de science et technologie de Klosterneubourg, explique comment la bactérie *Escherichia coli*, une habitante de notre tube digestif, est parvenue à créer des agrégats formant de nouveaux types de matériaux.



Pour ce faire, les chercheurs ont placé dans un liquide, des billes colloïdales de méthacrylate de 3-(triméthoxysilyl) propyle ($C_{10}H_{20}O_5Si$) d'un diamètre de $2,2 \mu m$ capables de s'agglomérer lorsqu'elles se rapprochent. L'agitation du fluide, régulée par le chauffage, accélère ce rapprochement et forme des agrégats. Et c'est là qu'intervient *Escherichia coli*, cette bactérie longue de $2 \mu m$, certes inoffensive, mais dont certaines souches sont cependant pathogènes.

En introduisant une pincée de ces micro-organismes dans le liquide, les chercheurs ont constaté que les billes de cet ester se rapprochent bien plus rapidement, en créant des agrégats plus gros et plus compacts, constituant un système quasi bidimensionnel qui a sédimenté, formant des gels d'une matière jusqu'ici inconnue et révélant un état dynamique tout à fait nouveau. Le système a atteint un équilibre pratiquement stable lorsque de grands amas se sont propagés trop lentement pour continuer à croître. Les chercheurs ont également observé une rotation lente mais persistante des agrégats, provenant de la chiralité des flagelles de la bactérie.

Financées par le Conseil européen de la recherche, ces études sont du domaine de la matière molle active – un système hors équilibre thermodynamique caractérisé par l'apparition d'écoulements spontanés, de mouvements et de transitions de phase, consommant de l'énergie ; à l'instar des expériences de pompes-sondes de matière condensée, où une première impulsion vient exciter le système et une seconde le sonder pour analyser sa réponse ou orienter son comportement. Les principes physiques qui conduisent à ces phénomènes remarquables restent toutefois encore mal connus.

Ce nouveau matériau devrait faire l'objet d'autres recherches afin, notamment, de contrôler le mouvement des bactéries par des modifications génétiques ou par l'intensité de la lumière. Cette étude a démontré que les bains actifs sont un instrument permettant d'engendrer des agrégats et des gels non conventionnels et que l'activité des bactéries peut produire des matériaux nouveaux au-delà de ce qui peut être réalisé thermiquement.

Dans ce contexte, le groupe Palacci et le laboratoire Materiali Molli de l'Institut autrichien de Klosterneubourg cherchent à élucider des mécanismes d'organisation, à l'image de ceux des systèmes consommant de l'énergie. Leurs recherches sont principalement axées sur l'auto-assemblage de blocs de construction colloïdaux de taille microscopique, comme les bactéries formant des colonies. ■

Traitement intelligent de l'image dans l'industrie 4.0

L'industrie 4.0 se nourrit de scénarios d'utilisation et ceux-ci sont à leur tour stimulés par les innovations technologiques. Le traitement industriel de l'image gagne en importance en raison des exigences des nouvelles applications de l'Internet des objets. En tant que marque du spécialiste des capteurs et de l'automatisation Balluff, la société MATRIX VISION GmbH développe du matériel et des logiciels performants pour le traitement industriel de l'image.

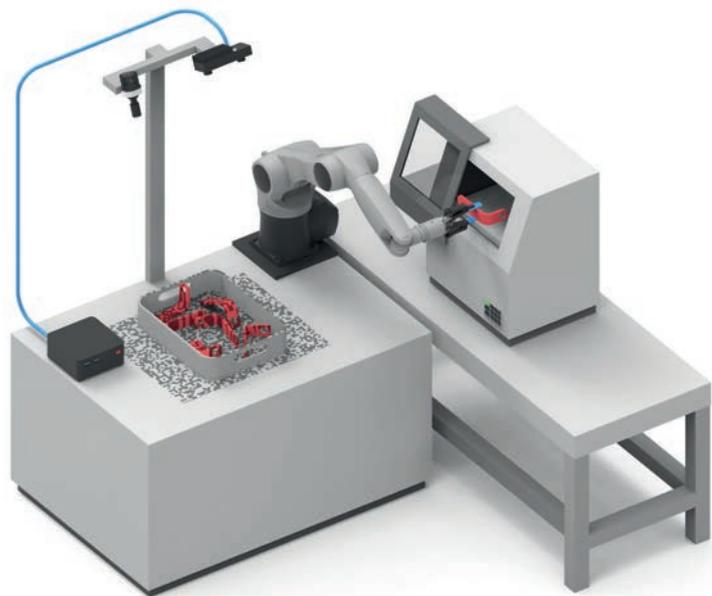
La société MATRIX VISION GmbH a élargi sa gamme de produits en y ajoutant deux caméras stéréoscopiques 3D, l'une d'une résolution de 1,2 mégapixels et l'autre de 12 mégapixels. « Nos systèmes de caméras aident les constructeurs de machines et d'installations à éviter les cinématiques d'alimentation complexes lors de la distribution de pièces à partir d'une grande quantité. Celles-ci sont souvent techniquement complexes et coûteuses et prennent généralement beaucoup de place », explique Fabian Furtner, chef de produit. « On utilise souvent ce que l'on appelle le "bin picking", dans lequel un robot de préhension industriel saisit des pièces dans une boîte en étant guidé par un système de traitement d'images. L'utilisation des systèmes de caméras pour de telles applications industrielles 4.0 réduit les dépenses technologiques, économise de la place et préserve l'environnement », ajoute-t-il.

Des caméras basées sur la technologie stéréoscopique

Les caméras 3D MATRIX VISION sont basées sur la technologie stéréoscopique : les images d'une scène sont capturées par deux lentilles légèrement décalées l'une par rapport à l'autre. Le traitement des images va bien au-delà de celui des caméras numériques conventionnelles, car les informations de profondeur sont également calculées en tant que troisième dimension.

Le petit système de caméra de MATRIX VISION a un écart oculaire de 65 mm, le grand de 160 mm. À cela s'ajoute une carte NVIDIA qui calcule une image 3D directement sur la caméra en corrélant les structures dans les images gauche et droite de la caméra.

Cette technologie est particulièrement intéressante pour la logistique et la robotique. En effet, outre la localisation d'objets dans une surface plane (X-Y), la direction Z joue également un rôle, pour déterminer



Les systèmes de caméras permettent d'éviter les cinématiques d'alimentation complexes.

la position d'un objet par rapport à l'observateur, afin de déclencher un processus de préhension, par exemple.

Une liberté de mouvement suffisante

Mais quel est l'intérêt de la résolution de 4096 x 3008 pixels et d'une plage de mesure de profondeur de 0,5 m à 4,0 m du grand système ? « Le système de caméra 3D haute résolution permet de déterminer les objets à une plus grande distance et de détecter des objets beaucoup plus petits. Il n'est pas nécessaire d'être aussi près du lieu de l'action avec la caméra, ce qui est un avantage lorsque les conditions sont défavorables, comme une température élevée ou lorsque le robot doit être suffisamment libre de ses mouvements », explique Fabian Furtner.

Traitement d'un grand nombre de données

Avec douze millions de points de données 3D pour une résolution de 12 mégapixels, la caméra saisit chaque détail avec un



Caméra 3D stéréoscopique haute résolution de 12 mégapixels avec projecteur intégré pour applications 3D industrielles.

taux de rafraîchissement d'image allant jusqu'à 9 Hz – ce qui constitue une performance technologique tout à fait particulière. « Le défi à relever est qu'il faut traiter un très grand nombre de données, ce qui nécessite un matériel très performant. C'est là qu'intervient l'unité d'évaluation basée sur le GPU de NVIDIA », déclare le chef de produit.

Une interface GigE-Vision permet de créer ses propres applications 3D sur la base des images de la caméra. Cela est facilité par la bibliothèque de logiciels fournie, qui permet d'externaliser le calcul 3D sur la carte graphique et de décharger l'unité centrale de l'unité de traitement.

Un produit intelligent pour l'industrie 4.0

Le système compact de 1,2 mégapixels n'a pas besoin d'un PC supplémentaire. L'unité d'évaluation est intégrée dans la caméra 3D. Dans le contexte de l'industrie 4.0, il s'agit donc d'un produit intelligent. Pour reconnaître les objets, différents modules logiciels sont optimisés pour différentes applications. Certains nécessitent des modèles 3D sur lesquels l'algorithme est entraîné, d'autres seulement quelques réglages dans l'interface Web de la caméra.

Développer des applications complexes

Le système de caméra à basse résolution s'adresse, par exemple, aux intégrateurs de systèmes robotiques et aux constructeurs de machines. Grâce au logiciel convivial, il peut être intégré même sans expertise particulière dans le domaine du traitement industriel de l'image. Le système de 12 mégapixels permet en outre de développer des applications complexes. Il n'est généralement pas effectué directement par le fabricant de la machine, mais par un partenaire de développement. Les deux systèmes ont en commun leur conception robuste et professionnelle. ■

À propos de Balluff

Fondée en 1921 à Neuhausen auf den Fildern dans le Bade-Wurtemberg, spécialisée dans le domaine des capteurs et de l'automatisation industrielle, la société Balluff GmbH emploie 3600 collaborateurs dans le monde entier. Cette entreprise familiale de quatrième génération propose un portefeuille complet d'équipements de capteurs, d'identification et de traitement d'images de haute qualité, y compris la technologie de réseau et les logiciels.

Le groupe Balluff dispose de sites de distribution, de production et de développement dans le monde entier et est présent dans 61 pays avec 37 filiales et représentations. En 2021, il a enregistré un chiffre d'affaires de 504 millions d'euros.

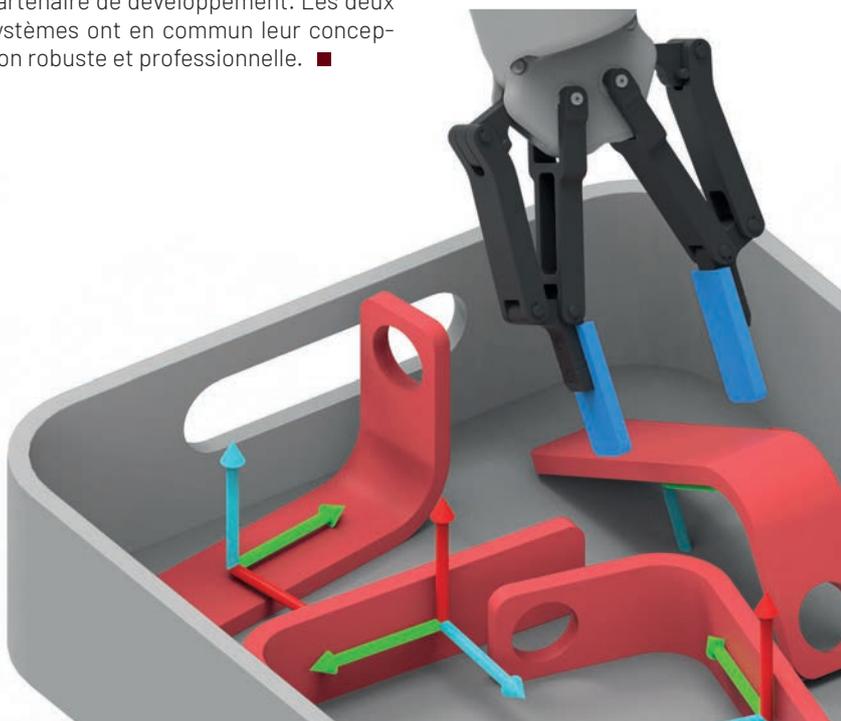
Contact



■ Balluff AG
CH-2564 Bellmund
Tél. +41 32 366 67 57
www.balluff.ch



■ MATRIX VISION GmbH
D-71570 Oppenweiler
Tél. +49-7191-9432-0
www.matrix-vision.com/fr



Pour la distribution de pièces en quantités plus importantes, un robot de préhension industriel est guidé par traitement d'image.

Idéal pour les applications SiC & GaN



Bénéficiez de plus de
35 ans d'expérience :

Analyseurs
de **puissance**
et **sondes** de
haute précision à
partir d'une seule
source

Plus d'informations :

Linktronix AG
Zürcherstrasse 66
CH-8800 Thalwil
Switzerland
info@linktronix.ch
www.linktronix.ch



Un système intelligent de gestion de la recharge

Les voitures électriques sont de plus en plus populaires, ce qui exige la mise en place d'infrastructures de recharge appropriées. Cependant, dans de nombreux immeubles et bâtiments industriels, les connexions au réseau et les conduites électriques ne sont pas conçues pour des points de recharge. Des pics de consommation et des pannes de courant peuvent en résulter. Le système intelligent de gestion de la charge SMARTcharge de Weidmüller évite de telles situations.

La plupart des conducteurs de voitures électriques rechargent leurs véhicules sur un coffret mural situé chez eux ou au travail. Ces bornes de recharge sont principalement connectées aux réseaux électriques basse et moyenne tension, ce qui risque de surcharger l'ensemble du réseau électrique. Or, les réseaux de distribution et les connexions au réseau de la plupart des immeubles et bâtiments industriels ne sont pas conçus pour répondre aux exigences de l'électromobilité croissante. Cela peut entraîner des pics de consommation et, dans le pire des cas, une surcharge de l'ensemble du réseau électrique.

Une distribution optimale de l'électricité

Pour éviter ces inconvénients, le nouveau système de gestion de charge SMARTcharge de Weidmüller permet une distribution optimale de l'électricité. Principalement développé dans un souci de convivialité, ce système intelligent prend automatiquement en compte tous les consommateurs d'un bâtiment.

« L'électricité disponible est intelligemment répartie entre les bornes connectées, afin que les véhicules électriques puissent être rechargés en un minimum de temps sans risque de surcharger le réseau », explique Christian Deppermann, directeur du développement e-Mobility chez Weidmüller, qui ajoute : « Le système SMARTcharge est particulièrement intéressant pour les complexes résidentiels ou les parkings pour employés, là où plusieurs véhicules doivent être rechargés simultanément. »

Une gestion de la charge sur 50 bornes de distribution

Le système SMARTcharge, qui permet une gestion de la charge sur un maximum de 50 bornes de distribution, peut être adapté aux exigences locales. Des outils de surveillance et de gestion conviviaux facilitent le contrôle de l'ensemble du réseau de



Jusqu'à 50 bornes de distribution peuvent être adaptées aux exigences locales via l'interface Web.

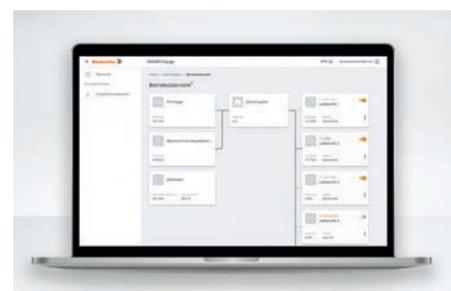
recharge. Christian Deppermann explique : « L'installation du système SMARTcharge est simple. Notre assistant d'installation indique exactement ce qu'il faut faire, le système est configuré et prêt à l'emploi en un rien de temps, sans nécessiter de connaissances en programmation. » Grâce à la télécommande du système, l'utilisateur garde tout sous contrôle via un accès à distance – des simples demandes d'état au contrôle et à la hiérarchisation des processus de charge.

Gestion de la charge statique ou dynamique

Afin de pouvoir adapter le système SMARTcharge de manière optimale aux exigences individuelles sur site, il est possible de choisir entre la gestion de la charge statique ou dynamique. « Avec la gestion de la charge statique, le courant de charge maximal disponible pour tous les points de charge est déterminé à l'avance », explique Michaela Amedick, responsable de la gestion des produits chez Weidmüller.

Cette valeur est calculée à partir de l'électricité disponible sur le raccordement domestique, diminuée de la demande d'électricité de tous les consommateurs du bâtiment. Le courant de charge disponible est ensuite réparti entre les différents points de charge.

Les stations de recharge individuelles ou les processus de charge peuvent être



Le tableau de bord du système SMARTcharge n'exige aucune compétence en programmation.

priorisés. Avec la gestion dynamique de la charge, les fluctuations de consommation dans le bâtiment sont automatiquement prises en compte. La quantité d'électricité disponible pour la recharge des véhicules électriques est ajustée avec souplesse et répartie entre tous les points de charge.

« Nous utilisons un compteur d'énergie qui détermine le courant total dans le bâtiment et recalcule continuellement le courant de charge des boîtiers muraux. Si, par exemple, le système de climatisation du bâtiment est enclenché, la puissance de charge est automatiquement réduite. S'il est éteint, le courant de charge augmente », explique Michaela Amedick. De cette façon, l'énergie est utilisée efficacement et une charge rapide des véhicules est assurée.

Intégration des systèmes photovoltaïques

De nombreux propriétaires privés et commerciaux de systèmes photovoltaïques souhaiteraient également utiliser l'électricité qu'ils produisent pour recharger leurs véhicules. « Lors du développement de SMARTcharge, nous avons veillé à ce que les installations photovoltaïques puissent être facilement intégrées dans le système de gestion de la charge, quel que soit leur fabricant. De cette façon, le surplus d'électricité photovoltaïque peut être utilisé », explique Michaela Amedick.

Gestion de la charge dans les immeubles et bâtiments commerciaux

Le système SMARTcharge facilite la mise en place et la gestion d'infrastructures



Un assistant d'installation guide le programme tout au long de la configuration du système SMARTcharge. Aucune compétence en programmation n'est requise.

de recharge partagées pour les véhicules électriques. Ceci est particulièrement intéressant pour les locataires ou les propriétaires d'immeubles et bâtiments commerciaux. Les utilisateurs peuvent facilement s'authentifier sur les bornes murales à l'aide d'une étiquette RFID, ce qui permet d'attribuer les processus de charge de manière ciblée.

Pour les entreprises, les hôtels et les restaurants, ce système présente une autre particularité : la télécommande des bornes de recharge. Il permet de hiérarchiser, de démarrer ou d'arrêter les processus de recharge à volonté – si un véhicule doit être prêt à poursuivre son voyage plus rapidement que les autres, par exemple. « Si souhaité, il est également possible de fournir aux clients et visiteurs l'électricité auto-générée par le système photovoltaïque pour la recharge », explique Christian Deppermann, qui ajoute : « Le processus de charge peut être facilement libéré via le tableau de bord. » ■

À propos de Weidmüller

Le groupe Weidmüller possède des sites de production, des sociétés de vente et des agences dans plus de 80 pays. Cette entreprise familiale basée à Detmold en Rhénanie-du-Nord-Westphalie fournit des produits, des solutions et des services pour la connectivité industrielle intelligente et l'Internet industriel des objets. Au cours de l'exercice 2022, elle a réalisé un chiffre d'affaires de plus d'un milliard d'euros avec quelque 6000 employés.

Contact



■ Weidmüller Schweiz AG
CH-1400 Yverdon-les-Bains
Tél. +41 52 674 07 73
www.weidmueller.ch

AMSLER LINEAR



- Prise en compte de l'étude du dimensionnement et de définition
- Montage complet des systèmes multiaxes
- Stock d'articles très vaste et délais de livraison courts
- Fabrication selon le plan du client

AMSLER & CO. AG www.amsler.ch

Lindenstrasse 16, 8245 Feuerthalen
fon 052 647 36 36, fax 052 647 36 37, linear@amsler.ch

Fusion nucléaire : le tokamak de l'EPFL fête ses 30 ans

Michel Giannoni

L'EPFL n'a pas attendu les crises climatiques et énergétiques pour s'engager dans la recherche d'une source d'énergie propre, sûre et potentiellement inépuisable. Depuis la création du Plasma Physics Laboratory (PPL) en 1961 et la mise en service du Tokamak à configuration variable (TCV) en 1992, la haute école est devenue un acteur majeur de la recherche en fusion nucléaire, l'objectif étant de reproduire les réactions qui ont lieu au cœur des étoiles.

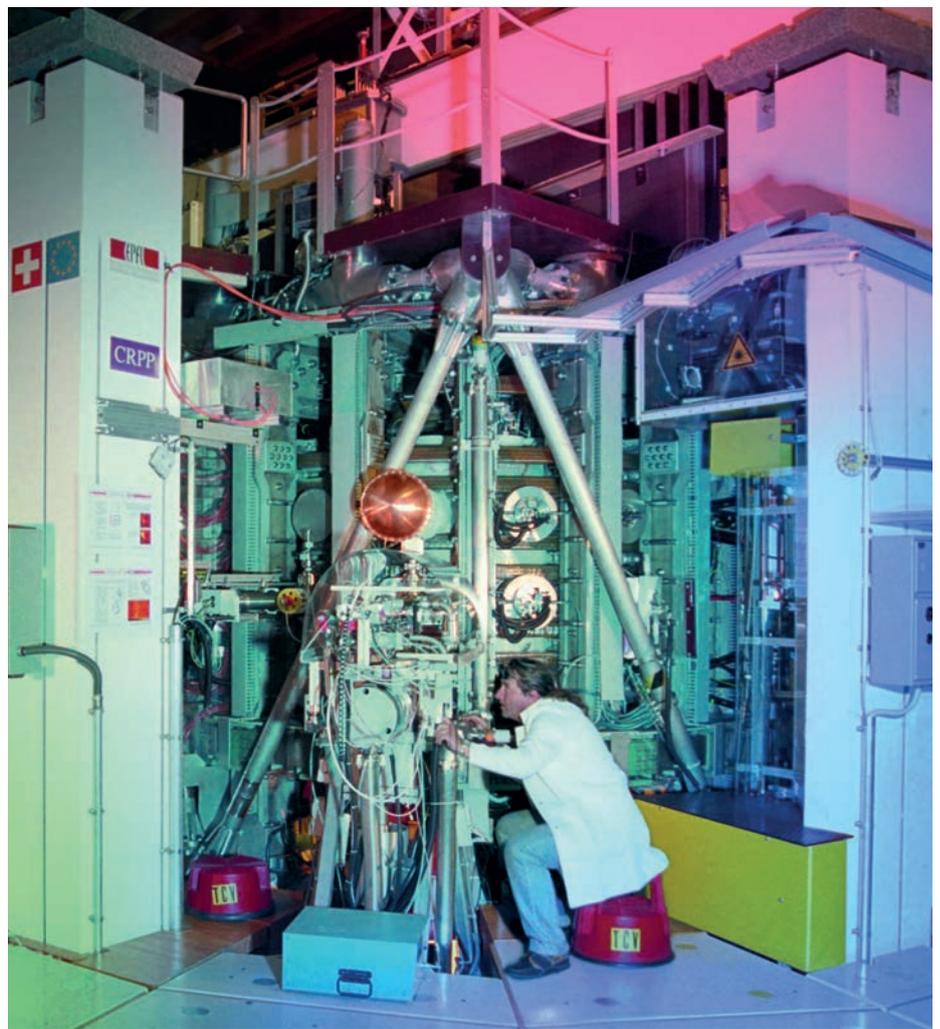
En raison de la chaleur intense et de l'énorme pression qui règnent au cœur d'étoiles telles que le Soleil, des atomes, principalement d'hydrogène, se mettent à fusionner. Dans ce plasma brûlant, lorsque deux noyaux légers réagissent pour former un noyau plus lourd, ils perdent un peu de leur masse, qui se voit convertie en énergie selon la célèbre formule d'Einstein $E = mc^2$.

Ce sont ces réactions qui sont à l'origine des énormes quantités d'énergie libérées dans l'Univers. Et ce sont aussi celles-ci que des chercheurs du monde entier tentent de maîtriser dans l'espoir de fournir à l'humanité une source d'énergie à la fois propre et inépuisable, qui pourrait être utilisée pour la production d'électricité en présentant trois intérêts majeurs : la disponibilité de son combustible, l'absence d'émissions de gaz à effet de serre et de déchets radioactifs à longue durée de vie.

La fusion nucléaire

La fusion nucléaire est une réaction dans laquelle deux noyaux atomiques s'assemblent pour former un noyau plus lourd, en dégageant une quantité d'énergie colossale, provenant de l'attraction entre les nucléons due à l'interaction forte. La masse des produits d'une réaction de fusion étant inférieure à la somme des masses des noyaux fusionnés, la différence est transformée en énergie cinétique puis en chaleur, selon la formule $E = mc^2$. Les réactions de fusion qui dégagent le plus d'énergie sont celles qui impliquent les noyaux les plus légers, leur défaut de masse étant plus important que dans les noyaux lourds.

Les énergies nécessaires à la fusion sont très élevées, correspondant à des températures de plusieurs dizaines, voire centaines de millions de degrés. Au sein du Soleil, la fusion de l'hydrogène aboutit à la production d'hélium, à des températures de l'ordre de quinze millions de kelvins. Dans certaines étoiles plus massives, des températures plus élevées permettent la fusion de noyaux plus lourds. Au cours de la fusion nucléaire au sein des étoiles,



Vue générale du tokamak TCV du Swiss Plasma Center.

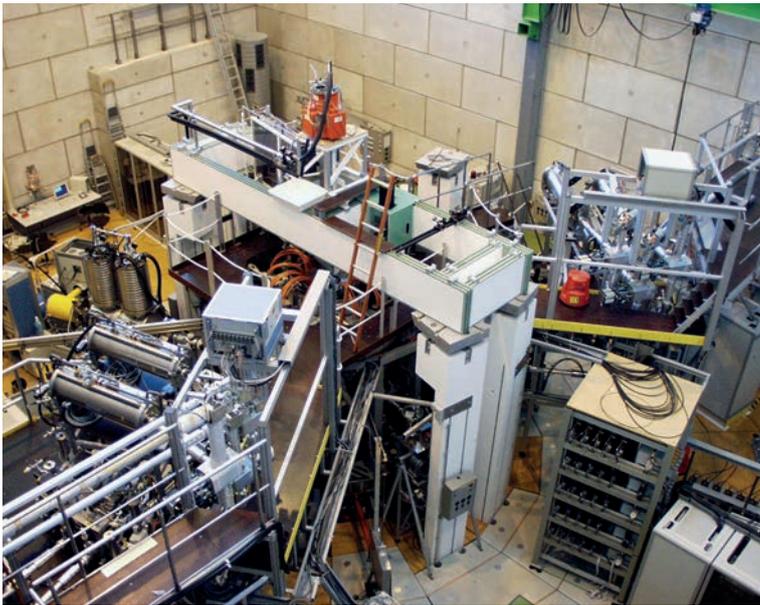
un seul gramme d'hydrogène dégage la même quantité d'énergie que celle produite par la combustion de huit tonnes de pétrole ou de onze tonnes de charbon.

Le combustible : le deutérium et le tritium

Les projets actuels de fusion nucléaire exploitent la fusion de deux isotopes de l'hydrogène, le deutérium (^2H ou D) et le tritium (^3H ou T). La réaction de fusion qui a lieu dans les réacteurs - $^2\text{D} + ^3\text{T} \rightarrow ^4\text{He} + ^1\text{n}$

- est celle qui est à l'œuvre de manière naturelle dans le Soleil et dans la plupart des étoiles de l'Univers.

Le deutérium est un atome d'hydrogène dont le noyau comporte un neutron supplémentaire. Il est relativement peu abondant, mais facile à extraire de l'eau de mer, qui en constitue un gisement pratiquement inépuisable. Quant au tritium - un atome d'hydrogène dont le noyau comporte deux neutrons supplémentaires -,



Vue plongeante sur le tokamak TCV.



L'intérieur du tokamak TCV.

© A. HERZOG, EPFL

très peu abondant dans la nature et radioactif (période de 12,32 ans), il est produit dans le réacteur lui-même en bombardant du lithium par des neutrons suivant la réaction ${}^3\text{Li} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^3\text{T} + {}^4\text{He}$. Les réserves mondiales de lithium, estimées à 9,5 millions de tonnes sous forme de minéral, suffiraient à garantir l'approvisionnement de réacteurs pendant plus d'un million d'années.

La réaction de fusion nucléaire émet des neutrons rapides susceptibles d'être capturés par les noyaux des atomes de la paroi de l'enceinte. Ce phénomène d'activation fait l'objet d'études de matériaux composites ou d'alliages spécifiques de fer.

L'histoire de la fusion nucléaire

C'est au commencement du XX^e siècle, lorsqu'on s'est intéressé à la façon dont les étoiles produisent leur énergie, qu'a débuté l'histoire de la fusion nucléaire. Elle a donné lieu à des recherches sur la nature de la matière et de l'énergie, ainsi que sur ses applications potentielles, d'abord dans le domaine militaire.

En 1920, le physicien britannique Francis William Aston (1877-1945) découvrait que la masse de quatre atomes d'hydrogène était plus élevée que celle d'un atome d'hélium 4, ce qui impliquait que de l'énergie serait libérée si l'on combinait des atomes d'hydrogène pour former de l'hélium. En 1941, les physiciens Enrico Fermi (1901-1954) et Edward Teller (1908-2003) avaient compris qu'une bombe utilisant le principe de la fusion nucléaire produirait une énergie bien supérieure à celle obtenue par la fission des atomes d'uranium, et ils en proposèrent un modèle.

C'est ainsi que le 31 janvier 1950, le président Truman prit la décision d'entreprendre un nouveau programme nucléaire. Ivy Mike, la première arme nucléaire à fusion, de construction américaine et d'une puissance de 10,4 Mt, a explosé sur l'atoll d'Eniwetok dans le Pacifique, le 1^{er} novembre 1952 à 7 h 15.

C'est l'énergie libérée par une explosion de fission qui comprime et chauffe le combustible, déclenchant la réaction de fusion. En 1953, l'Union soviétique a testé son système RDS-6s utilisant une fission dopée de type fission-fusion-fission, qui a produit une énergie de 600 kt.

La recherche expérimentale sur le concept de tokamak a commencé en 1956 à l'Institut Kourchatov de Moscou,

par un groupe de scientifiques dirigé par Lev Artsimovich. L'idée était de combiner les champs magnétiques de manière à ce que les particules se mettent à tourbillonner dans le réacteur, ce qui a permis d'améliorer considérablement la durée et la densité de confinement. En 1960, le physicien américain John Nuckolls publia le concept de fusion par confinement inertiel activé par un laser.

Le consortium EUROfusion

Le consortium EUROfusion chapeaute le développement de la fusion nucléaire en Europe, visant à produire de l'énergie à l'horizon 2050. Il regroupe 30 universités et organisations de recherche réparties dans 25 pays d'Europe, ainsi qu'au Royaume-Uni, en Suisse et en Ukraine, rassemblant 4800 chercheurs, membres du personnel et étudiants. Actuellement, 31 organismes de recherche et 150 entités affiliées sont membres du consortium EUROfusion dans le cadre du programme Horizon Europe de l'Euratom.

Le plasma

Le plasma, appelé aussi « quatrième état de la matière », est une sorte de « soupe » d'électrons et d'ions extrêmement actifs, ce qui le rend très sensible à l'action de champs électriques, magnétiques et électromagnétiques. C'est un état extrêmement complexe, caractérisé par des phénomènes souvent non linéaires, qui n'est visible sur Terre qu'à de très hautes températures, quand l'énergie est telle qu'elle parvient à arracher les électrons aux atomes.

La physique des plasmas a trouvé d'innombrables applications dans l'industrie et un effort considérable est dédié à la recherche dans les pays industrialisés. Des procédés industriels mettant en œuvre des plasmas sont appliqués dans l'industrie des semi-conducteurs, de l'emballage, des cellules solaires, des matériaux biocompatibles, des écrans plats, des pièces de montres, etc.



Le bâtiment qui abrite le Swiss Plasma Center sur le site de l'EPFL à Ecublens.



Le Swiss Plasma Center s'engage à préparer les prochaines générations de scientifiques et d'ingénieurs en fusion nucléaire.

En 1991, le tokamak JET (*Joint European Torus*) situé au Culham Science Center à Abingdon, près d'Oxford, réalisait la première production contrôlée d'énergie de fusion au monde. Le projet international de réacteur thermonucléaire expérimental international ITER, impliquant Euratom, le Japon, l'Union soviétique et les Etats-Unis, démarra en 1986.

Le tokamak du Swiss Plasma Center

Les scientifiques sont d'ores et déjà capables de déclencher des réactions de fusion sur Terre. Le défi, c'est de les maintenir sur la durée et de récolter la chaleur produite, afin de la transformer en électricité. À l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL), c'est dans une chambre à confinement toroïdal, le Tokamak TCV du Swiss Plasma Center, que l'on étudie la façon d'y parvenir.

Les scientifiques y chauffent à plus de 100 millions de degrés, un gaz de deutérium et de tritium – des isotopes de l'hydrogène – pour le transformer en plasma et générer des collisions extrêmement énergétiques entre les noyaux des atomes qui le composent. Le champ magnétique produit dans le tokamak permet au plasma de rester au centre de la chambre sans toucher les parois – une température aussi élevée les détruirait.

Le Swiss Plasma Center

Le Swiss Plasma Center (SPC), une unité de la Faculté des Sciences de base de l'EPFL, est l'un des principaux laboratoires de recherche mondiaux sur la fusion nucléaire. Il conduit un ensemble de travaux de recherche et développement dans le domaine de la physique des plasmas. Avec un large éventail de programmes de

recherche, tous reliés à différents niveaux d'éducation et de formation, il œuvre pour faire progresser notre compréhension de la physique des plasmas et pour développer la fusion comme source d'énergie. Il exécute de nombreuses tâches dans le cadre des activités du consortium EUROfusion, dont l'EPFL est l'un des membres.

C'est en 2015 que le Centre de recherches en physique des plasmas (CRRP), qui a rejoint le consortium EUROfusion un an auparavant, est devenu le Swiss Plasma Center (SPC), renforçant ainsi sa position comme centre de recherches international dans le domaine de la fusion nucléaire. Derrière ce changement de nom se cache une expansion de ses activités liée à

Le réacteur expérimental ITER

Le réacteur thermonucléaire expérimental international ITER (*International thermonuclear experimental reactor*) est un projet de type tokamak situé à Cadarache dans les Bouches-du-Rhône. Associant trente-cinq pays, ceux de l'Union européenne ainsi que l'Inde, le Japon, la Chine, la Russie, la Corée du Sud et les États-Unis, ainsi que la Suisse et le Royaume-Uni en tant qu'États associés, il s'inscrit dans une démarche à long terme visant à l'industrialisation de la fusion nucléaire. Par sa complexité, son ambition et son budget hors-norme, il est le plus grand projet scientifique mondial actuel.

ITER a été conçu pour produire un plasma de fusion équivalent à 500 MW

de puissance thermique pendant des durées de 400 à 600 s, pour une puissance injectée de 50 MW, soit une multiplication par dix de la puissance thermique. Il vise par ailleurs à démontrer la faisabilité d'une réaction auto-entretenu, ce qui n'a pas encore été réalisé dans un réacteur de fusion. L'électricité consommée par le réacteur se situera entre 110 et 620 MWe de pointe pendant 30 s. Il est conçu uniquement pour produire un plasma de fusion; la chaleur émise par la réaction sera évacuée dans l'atmosphère sans générer d'électricité. L'entrée en activité et la production du premier plasma d'ITER est prévue pour 2030.

Le réacteur de démonstration DEMO

La démarche à long terme visant à l'industrialisation de la fusion nucléaire nécessiterait de construire un réacteur de démonstration, DEMO (*Demonstration Power Plant*), puis un prototype industriel, PROTO.

L'objectif du projet DEMO, d'une puissance prévisionnelle de 2000 MWth, est de démontrer qu'il est possible, à l'horizon 2050, de produire de l'électricité par fusion nucléaire, à la manière d'une centrale électrique traditionnelle. DEMO devrait être le premier réacteur de fusion produisant plus d'énergie que celle nécessaire pour son fonctionnement. Ce projet devrait ouvrir la voie à la construction en série des premiers réacteurs commerciaux, à l'horizon 2060.

un renouvellement des équipements, renforçant notamment la place du tokamak lausannois parmi les trois installations de recherche retenues par le consortium EUROfusion pour développer la fusion nucléaire dans le cadre du projet international ITER.

Le Swiss Plasma Center participe également aux campagnes expérimentales effectuées sur le tokamak JET (*Joint European Torus*) du Culham Science Center à Abingdon, près d'Oxford, à la préparation du programme scientifique du réacteur thermonucléaire expérimental international ITER, ainsi qu'à la conception du futur réacteur nucléaire de démonstration DEMO.

Le SPC, qui emploie quelque 200 personnes dans la recherche et le développement, poursuit un programme complet organisé en six axes : théorie du plasma, physique de base du plasma, physique du tokamak TCV, collaborations internationales, supraconductivité pour la fusion et applications plasma. Il dispense une formation en physique aux étudiants de tous niveaux (bachelor, master et doctorat) et de différentes sections. Il forme en permanence une quarantaine de doctorants.

Trente ans d'exploitation du Tokamak TCV

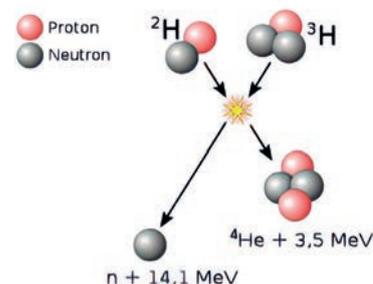
Le Swiss Plasma Center dispose depuis 30 ans de son propre tokamak à configuration variable, le TCV, reconnu comme l'une des plates-formes de recherche en fusion les plus importantes d'Europe, en raison de ses caractéristiques spécifiques et de sa flexibilité. Il est le seul tokamak au monde à configuration variable, c'est-à-dire permettant d'étudier différentes formes du plasma.

« Nous avons construit tout cela avant l'existence de l'Internet, et le cœur de la machine est toujours le même aujourd'hui. Pour un pays de la taille de la Suisse, disposer d'une expérience de ce calibre, c'est tout à fait exceptionnel », déclare Basil Duval, responsable des systèmes de mesure du TCV, qui souligne que les travaux menés à l'EPFL sont de portée mondiale – non seulement pour le projet ITER, mais pour toute la communauté de recherche en fusion nucléaire.

Pour marquer cet anniversaire, le Swiss Plasma Center a accueilli au mois de septembre dernier, les représentants du consortium EUROfusion en charge de plusieurs initiatives, dont la mise au point des fondements théoriques de la fusion nucléaire, testés au TCV, qui donneront toutes ses chances de succès au

méga-réacteur ITER en construction dans le sud de la France.

Ambrogio Fasoli, directeur du Swiss Plasma Center, est également président d'EUROfusion et vient d'en être nommé directeur de programme. Il déclare : « Nous avons alimenté les connaissances sur le comportement des plasmas depuis 30 ans et comptons bien continuer dans cette même voie. De nombreuses améliorations apportées à notre machine fourniront de précieuses données qui serviront à l'élaboration d'ITER, de DEMO et de tous les réacteurs du futur, afin de faire de la fusion nucléaire une réalité dans les prochaines décennies ».



La réaction de fusion deutérium-tritium est considérée comme la plus prometteuse pour produire de l'énergie de fusion.

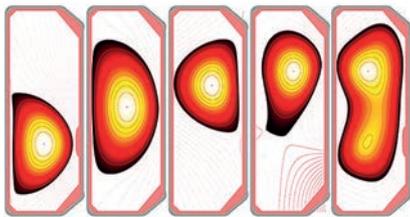
L'histoire du Swiss Plasma Center

- | | | |
|---|---|---|
| <p>1961 Création du Plasma Physics Laboratory (PPL) par le Comité spécial pour la science atomique, une entité formée par le Conseil fédéral et le Fonds national suisse de la recherche scientifique (FNS).</p> <p>1968 Le PPL devient le Centre de recherches en physique des plasmas (CRPP), le principal laboratoire de recherche en Suisse dédié à la physique des plasmas et à la fusion nucléaire comme source d'énergie.</p> <p>1973 Le CRPP rejoint l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL).</p> <p>1978 La Suisse et la Communauté européenne de l'énergie atomique signent un accord permettant à la Confédération de prendre part aux recherches européennes en matière de fusion nucléaire. Dès lors, le CRPP et le Secrétariat d'État à la formation, à la recherche et à l'innovation (SEFRI) représentent la Suisse au sein des comités directeurs d'Euratom.</p> | <p>1989 Développement d'une nouvelle ligne de recherche, le groupe Plasmas industriels, qui vise à développer de nouvelles applications pour la recherche en physique des plasmas.</p> <p>1992 Mise en service du tokamak à configuration variable (TCV). La même année, un groupe de recherche du CRPP, localisé à l'Institut Paul Scherrer de Villigen, inaugure la plus grande installation mondiale d'essai de supraconducteurs.</p> <p>1995 Développement du premier projet de calcul à haute performance pour la recherche en fusion nucléaire.</p> <p>2000 Installation du premier système de chauffage électron cyclotron ECH (<i>Electron Cyclotron Heating</i>) sur le tokamak TCV.</p> <p>2002 Le CRPP devient un laboratoire de recherches de la Faculté des sciences de base de l'EPFL, permettant ainsi de créer de nouvelles synergies interdisciplinaires.</p> | <p>2003 TORPEX, une installation torique dédiée à l'étude fondamentale des plasmas, notamment des phénomènes de turbulence, voit le jour. Petit frère du Tokamak, elle permet de produire des plasmas à des températures moins élevées.</p> <p>2013 Le consortium européen EUROfusion sélectionne le tokamak TCV comme l'une des trois machines européennes participant aux recherches pour le réacteur international ITER et ses prototypes de réacteurs commerciaux.</p> <p>2014 Le CRPP rejoint le consortium EUROfusion qui chapeaute le développement de la fusion en Europe, visant à produire de l'énergie à l'horizon 2050.</p> <p>2015 Le CRRP devient le Swiss Plasma Center (SPC), renforçant sa position comme centre de recherches international dans le domaine de la fusion nucléaire. La même année, le premier système de chauffage dit « par injection de neutre » est installé sur le tokamak TCV.</p> |
|---|---|---|

Un réacteur à configuration variable

Parce qu'il est à configuration variable – et c'est le seul au monde –, le réacteur TCV sert principalement à étudier l'effet de la forme du plasma sur ses caractéristiques (température, qualité du confinement), ainsi qu'à investiguer de nouvelles formes de plasma. Il permet aussi d'étudier la configuration du divergeur, un dispositif de contrôle de l'énergie au cœur du plasma, qui est l'un des défis à résoudre pour que cet état de la matière puisse être maintenu pendant de longues durées sans endommager le réacteur.

Dans une récente collaboration, le Swiss Plasma Center s'est associé avec l'entreprise Google DeepMind spécialisée dans l'intelligence artificielle, afin d'appliquer des techniques d'apprentissage profond et d'intelligence artificielle à la gestion en temps réel des paramètres contrôlant le plasma. Ces méthodes ont été appliquées pour la première fois à des plasmas au sein du TCV.



Le réacteur TCV à configuration variable sert à étudier l'effet de la forme du plasma sur ses caractéristiques, ainsi qu'à investiguer de nouvelles formes de plasma. Un champ magnétique poloïdal permet de donner au plasma différentes formes.

La structure du TCV

Comme tous les tokamaks, le TCV est composé d'une chambre à vide, à l'intérieur de laquelle on injecte du gaz qui, après chauffage, va devenir un plasma. Les champs magnétiques en forme de tore qui l'entourent, créés par de grandes bobines, permettent de guider les particules pour éviter qu'elles touchent la paroi. Une colonne centrale assure la stabilité du plasma, tandis qu'un autre champ magnétique, poloïdal celui-là, permet de lui donner une forme spécifique.

Le tokamak est entouré de systèmes de chauffage à micro-ondes et à injection de particules chaudes, ainsi que de plusieurs systèmes de mesure de température, densité, rayonnement, fluctuations, et autres paramètres cruciaux.

Des conditions de température et de pression extrêmes

Le processus de fusion nucléaire ne peut avoir lieu que dans des conditions de

température et de pression particulières. Au cœur du Soleil, par exemple, la pression est égale à 200 milliards de fois la pression atmosphérique terrestre et la température centrale atteint quelque 15 millions de degrés.

C'est toutefois une température bien supérieure – 150 millions de degrés –, que le plasma doit atteindre dans un réacteur à fusion pour arriver au « seuil d'ignition » – c'est-à-dire pour que le deutérium et le tritium puissent fusionner –, car des pressions aussi gigantesques que celles régnant au cœur du Soleil sont impossibles à obtenir sur Terre. Ces pressions et températures sont définies par le critère de Lawson. On parle de « seuil d'ignition » d'une réaction nucléaire lorsque celle-ci franchit le point auquel elle se suffit à elle-même. Avant d'avoir atteint ce point, la réaction a besoin d'un apport d'énergie constant pour pouvoir se poursuivre.

Simultanément, la température des bobines magnétiques supraconductrices qui créent le champ magnétique, situées à quelques mètres du plasma, doit rester aussi proche que possible du zéro absolu, la température la plus basse qui puisse exister dans l'Univers (– 273,15 °C).

Le critère de Lawson

Le critère de Lawson – du nom du physicien britannique John D. Lawson (1923-2008) qui l'a énoncé en 1955 – permet de connaître la rentabilité de la réaction de fusion à partir de la valeur du produit de la densité du plasma et du temps de confinement de l'énergie à une température T . Il définit

les conditions à réaliser pour que s'entre-tienne la réaction de fusion du deutérium et du tritium, selon la relation

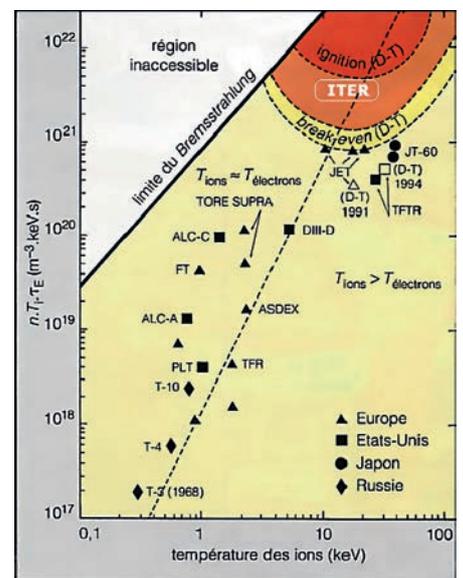
$$nT\tau > 5 \times 10^{21} \text{ m}^{-3} \text{ s keV}$$

où

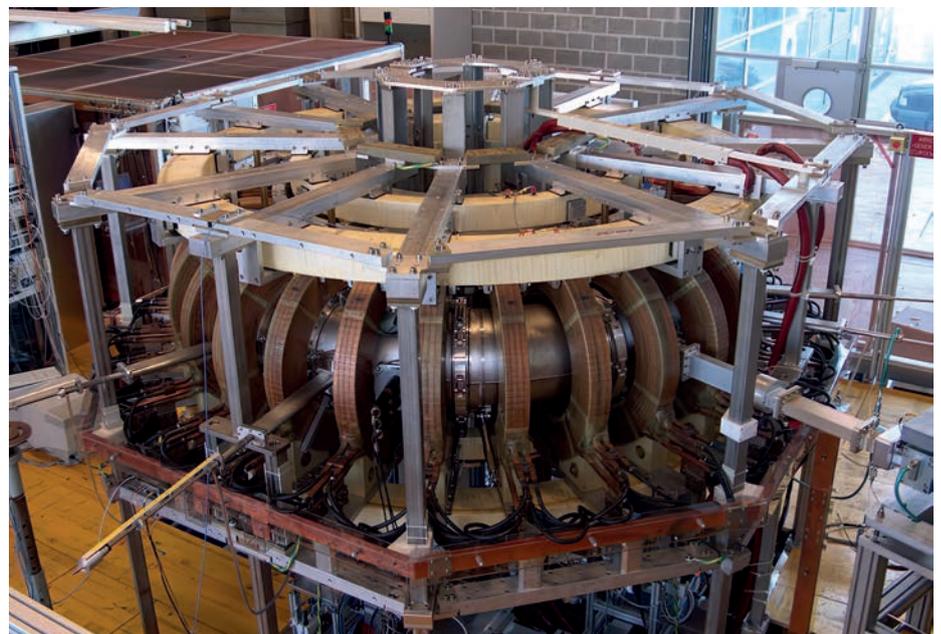
n est la densité du plasma en nombre de particules par mètre cube. Elle est de l'ordre de 10^{20} dans un tokamak.

T est la température du plasma en keV ($1 \text{ keV} = 11,6 \times 10^6 \text{ °C}$).

τ est le temps de confinement en secondes. Il est de l'ordre de la seconde sur ITER. ■



La performance des tokamak dans le monde mesurée par le produit $nT\tau$ en fonction de la température.



Petit frère du Tokamak TCV, l'installation TORPEX permet de produire des plasmas à des températures moins élevées.

Découverte incertaine d'un supraconducteur à température et pression ambiantes

La découverte d'un possible supraconducteur à température et pression ambiante, un alliage composé de plomb et d'apatite nommé LK-99, fait parler d'elle comme étant le « Graal de la physique ». C'est ce qu'affirment trois chercheurs sud-coréens dans un article publié sur la plateforme de prépublications arXiv, article qui, il faut le préciser, n'a pas été revu par des pairs. Exploration des potentiels révolutionnaires et des doutes entourant ce matériau.

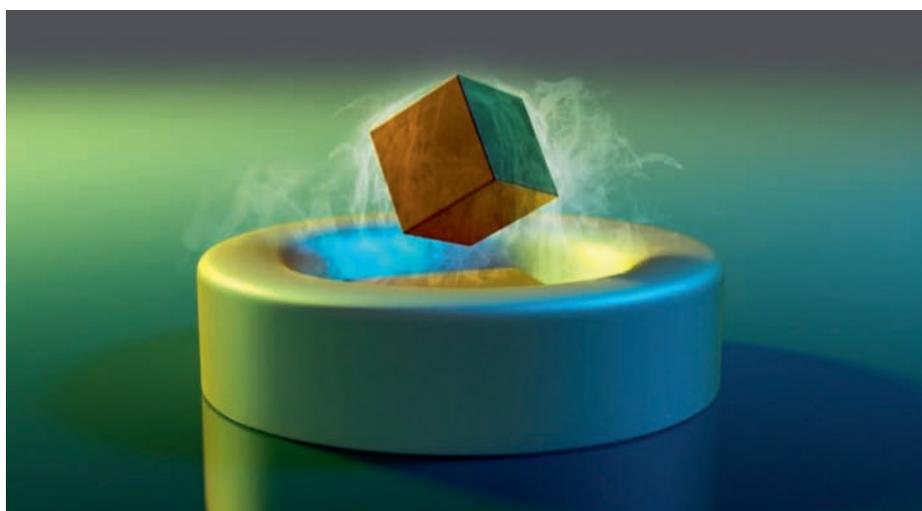
Un supraconducteur est un matériau qui conduit le courant électrique sans aucune perte. À l'heure actuelle, pour acheminer l'énergie à partir des centrales productrices d'électricité vers les lieux où elle est consommée, énormément d'énergie est dissipée par échauffement. Cette énergie électrique est convertie en chaleur, c'est l'effet Joule bien connu. La perspective de pouvoir disposer d'un supraconducteur à température ambiante permettant d'acheminer l'énergie sans perte est donc extrêmement importante – sous réserve qu'on puisse en faire des câbles, ce qui est encore loin d'être évident.

Lors d'une IRM, par exemple – un examen radiologique qui utilise un appareil émettant des ondes électromagnétiques –, le patient est placé dans une bobine faite d'un supraconducteur refroidi à l'hélium liquide, car ces appareils ne fonctionnent aujourd'hui qu'à très basse température. La perspective d'un supraconducteur à température et pression ambiantes permet alors d'imaginer produire des champs très intenses sans les inconvénients de la cryogénie – un casse-tête pour les physiciens. Ces nouveaux matériaux seraient également utiles dans les accélérateurs de particules ou encore dans les réacteurs de fusion nucléaire, comme ITER.

Une innovation pour accompagner la transition énergétique

Acheminer le courant électrique sans perte permettrait donc une énorme économie d'énergie. La fusion nucléaire offrirait la possibilité de produire de l'énergie sans avoir les inconvénients de la fission, comme c'est le cas dans les centrales classiques, génératrices de déchets radioactifs.

Des progrès dans les supraconducteurs pourraient aussi avoir des incidences sur l'informatique quantique, les supraconducteurs étant des matériaux quantiques. Or il existe trois grands candidats pour



Les chercheurs sud-coréens Young-Wan, Sukbae Lee et Ji-Hoon Kim font état de la création d'un matériau – le LK-99 – capable de conduire la supraconductivité à température et pression ambiantes. Illustration de la lévitation magnétique à l'aide d'un supraconducteur en céramique à haute température.

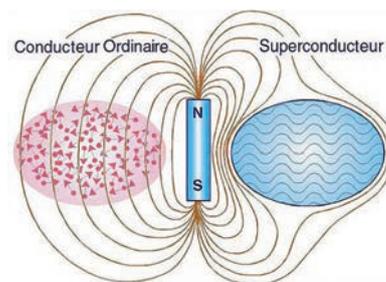
concevoir un ordinateur quantique : la version optique, la version « atomes froids » et la version supraconducteur. D'autres défis sont certes à relever dans la conception d'un ordinateur quantique, outre la cryogénie. Mais résoudre déjà ce problème au moyen de supraconducteurs à température et pression ambiantes serait d'une importance capitale.

Et les systèmes à lévitation ?

Il existe déjà des trains à sustentation magnétique utilisant des supraconducteurs. Mais cela reste une niche. Voir un matériau supraconducteur flotter au-dessus d'un aimant est néanmoins l'image emblématique de la supraconductivité. C'est particulièrement frappant et cela constitue l'une des rares possibilités de voir, dans notre univers de tous les jours, un phénomène quantique à l'œuvre.

Toutes les ressources de la lévitation n'ont par ailleurs pas encore été explorées. Un certain nombre d'applications pourraient émerger, comme le remplacement

des tapis roulants qui transportent les usagers du métro par des systèmes à lévitation, ou encore dans les hôpitaux où l'on pourrait faire léviter les lits des malades pour éviter les microbes qui se cachent sous les pieds...



Côté métal (à gauche), les électrons libres du métal s'agitent de manière aléatoire. Le champ magnétique traverse le métal sans encombre. Côté supraconducteur (à droite), les électrons vont s'appareiller et s'organiser comme une seule et même onde. La mécanique quantique permet ce genre de représentation.

Un nouvel essor des matériaux quantiques

Les physiciens spécialisés dans les matériaux quantiques en sont conscients: il faut utiliser leurs propriétés pour des innovations révolutionnaires, afin de résoudre les défis technologiques, en particulier ceux liés à la transition énergétique.

Il se pourrait pourtant que des scientifiques totalement inconnus dans ce milieu découvrent un supraconducteur à température ambiante. Ce semble être le cas des chercheurs sud-coréens Kwon Young-Wan, Sukbae Lee et Ji-Hoon Kim, les principaux signataires de l'article paru sur la plateforme américaine de preprints arXiv, sans toutefois faire l'objet d'une publication dans des revues à comités de lecture. Ces scientifiques qui affirment avoir fait cette découverte sont

L'article de Sukbae Lee, Ji-Hoon Kim et Young-Wan Kwon

Pour la première fois au monde, nous avons réussi à synthétiser un supraconducteur à température ambiante ($T_c \geq 400$ K, 127°C) et pression ambiante doté d'une structure plomb-apatite modifiée (LK-99). La supraconductivité de ce matériau a été prouvée par la température critique (T_c), la résistivité nulle, le courant critique (I_c), le champ magnétique critique (H_c) et l'effet Meissner. La supraconductivité du LK-99 provient d'une distorsion structurale minime due à un léger retrait volumique de 0,48 % et non à des facteurs externes tels que la température et la pression. Le retrait est causé par la substitution des ions Pb^{2+} par des ions Cu^{2+} dans le réseau isolant de phosphate de plomb, ce qui a généré des tensions qui ont entraîné une distorsion de l'interface, créant des puits quantiques supraconducteurs. Les résultats de la capacité thermique ont indiqué que le nouveau modèle développé est adapté pour expliquer la supraconductivité du LK-99. Sa structure unique, qui permet de maintenir la structure déformée dans les interfaces, est le principal facteur prouvant que le matériau LK-99 est supraconducteur à température et à pression ambiantes.



www.arxiv.org/abs/2307.12008

spécialisés dans un type de matériau, l'apatite, une sorte de céramique qui, jusqu'à présent, ne faisait pas partie du domaine de la supraconductivité.

Des brevets ont déjà été déposés sur l'alliage LK-99 composé de plomb et d'apatite, de formule $\text{Pb}_9\text{Cu}(\text{PO}_4)_6\text{O}$. Selon les chercheurs précités, cette supraconductivité serait due à une distorsion structurale minime résultant d'un léger retrait de volume (de 0,48 %) causé par le remplacement des ions Pb^{2+} par des ions Cu^{2+} dans le réseau isolant du phosphate de plomb, générant ainsi des tensions.

Le LK-99

Le LK-99, dont le nom vient des initiales des deux chercheurs sud-coréens Lee et Kim – qui travaillaient avec le professeur Choi Dong-Shik à l'université de Corée dans les années 1990 – ainsi que de l'année de la découverte (1999), est un solide gris clair issu d'une forme d'apatite au plomb ($\text{Pb}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{O}$), elle-même issue de la lanarkite ($\text{Pb}_2(\text{SO}_4)_3$), dont certains atomes de plomb sont substitués par des atomes de cuivre. Une des hypothèses est que la substitution par des ions cuivre fait perdre du volume au produit final, ce qui génère une contrainte dans le matériau. C'est cette contrainte qui se substituerait aux pressions extrêmes normalement exigées pour atteindre des états de supraconductivité à des températures ambiantes.

Cette découverte montre l'intérêt de partenaires privés pour la recherche sur les matériaux quantiques, en particulier les supraconducteurs. On peut parler ici d'une prise de conscience de la part du secteur privé, qui a compris que ce « Graal » ne concerne pas seulement la recherche fondamentale dans les laboratoires, mais est la promesse d'applications concrètes. D'ailleurs toute l'excitation qui entoure cette découverte a finalement assez peu concerné la communauté scientifique, restée très prudente, mais plutôt les milieux d'affaires, qui réalisent que les matériaux quantiques représentent un nouvel investissement d'avenir.

Un champ critique associé au LK-99

Des annonces de supraconducteurs à température et pression ambiantes surviennent régulièrement, mais elles sont souvent démenties peu de temps après. Cela explique la prudence de la communauté scientifique. Pour que de tels résultats soient confirmés, il doivent être reproduits par d'autres équipes. Plus concrètement, il y a un champ critique qui est associé au LK-99 – un champ critique indiquant si une tâche ou une affectation peut passer dans les prévisions ou si elle se trouve sur le chemin critique.

Dans le cas du matériau LK-99, le champ critique est le champ magnétique qui supprime la supraconductivité. Tout supraconducteur en a un. Si on lui applique un champ d'intensité supérieure à son champ critique, la supraconductivité disparaît, ce phénomène étant toutefois réversible. Or, le rapport entre le champ critique à une température proche du zéro absolu



L'apatite est un nom générique désignant des phosphates de composition variable, de formule générale $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH}, \text{Cl}, \text{F})$.

et la température critique, soit celle qui supprime la supraconductivité, est une constante. Certes, d'un supraconducteur à l'autre, il est possible de trouver des petits écarts à cette prédiction. Mais pour le supraconducteur LK-99, la valeur annoncée est mille fois trop petite! Surprenant. Par ailleurs, avec une valeur aussi faible, on se trouve face à une contrainte rédhibitoire pour les applications: seuls les courants de faible intensité pourraient passer dans le matériau LK-99, ce qui limiterait considérablement ses possibilités d'applications.

D'autres laboratoires tentent de reproduire ces résultats

D'autres laboratoires essaient de reproduire les résultats des chercheurs sud-coréens Kwon Young-Wan, Sukbae Lee et Ji-Hoon Kim. Une équipe chinoise bien connue dans la communauté des supraconducteurs a synthétisé ce composé, mais quand elle l'a placé sur un aimant très puissant, aucune lévitation n'est apparue. Il est toutefois possible que les Chinois aient mal synthétisé l'alliage LK-99 en raison d'un problème de dopage consistant à remplacer les atomes de plomb par des atomes de cuivre dans la molécule de LK-99. En effet, les atomes de plomb occupent deux emplacements différents dans la structure de la molécule et ils ont peut-être été remplacés aux mauvais endroits.

Un autre laboratoire, indien, a diffusé une vidéo où l'on aperçoit une toute petite particule, qui serait du LK-99 qu'ils auraient fabriqué, en train de léviter. Mais cela ne suffit pas pour caractériser un matériau supraconducteur; en effet, il est possible de faire léviter d'autres matériaux diamagnétiques, comme le bismuth ou le graphite, par exemple.

Une chercheuse de l'Université de Californie à Berkeley a abordé le problème du point de vue théorique en faisant un calcul très intéressant. Elle démontre que le matériau non dopé est un isolant, et qu'en dopant avec du cuivre les bons sites occupés par le plomb, le matériau devient conducteur. Là aussi, c'est encourageant, mais cela ne suffit pas pour prouver la supraconductivité.

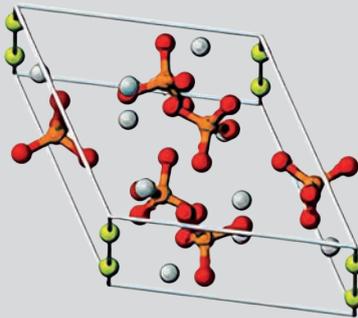
La prochaine étape

On peut s'attendre à ce que d'autres laboratoires indépendants parviennent aux résultats annoncés par les Sud-Coréens pour démontrer que le LK-99 est effectivement supraconducteur à température et pression ambiantes. Si cela prend trop de temps, il faudrait que ces chercheurs fournissent les informations manquantes pour réussir ce dopage. Certes, ils ont décidé de breveter

ce matériau et vont peut-être renoncer à convaincre la communauté scientifique et conserver secret leur prétendue découverte. Demeure donc la probabilité que leurs résultats ne soient jamais confirmés. ■

L'apatite

L'apatite est un nom générique désignant des phosphates hexagonaux d'aspects, de couleurs et de composition variables, de formule générale $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH}, \text{Cl}, \text{F})$, présents dans les roches magmatiques. Trois espèces sont reconnues par l'Association internationale de minéralogie (IMA), nommées selon l'anion prévalent: la chlorapatite $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$, la fluorapatite $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ et l'hydroxyapatite $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$. Toutes comportent des tétraèdres PO_4 isolés et des ions Ca^{2+} .



La supraconductivité

La supraconductivité est un phénomène caractérisé par l'absence de résistance électrique et par l'expulsion du champ magnétique – l'effet Meissner – à l'intérieur de certains matériaux dits supraconducteurs. Elle se manifeste à des températures très basses, proches du zéro absolu ($-273,15^\circ\text{C}$).

Dans les supraconducteurs conventionnels, des interactions complexes se produisent entre les atomes et les électrons libres, conduisant à l'apparition de paires liées d'électrons, appelées paires de Cooper. L'explication de la supraconductivité est intimement liée aux caractéristiques quantiques de la matière. Alors que les électrons sont des fermions, les paires d'électrons se comportent comme des bosons de spin nul, condensés dans un seul état quantique, sous la forme d'un superfluide de paires de Cooper.

La surveillance en continu de l'état des machines

CONDITION MONITORING

Les systèmes de surveillance d'état de Balluff contribuent à l'efficacité et au fonctionnement sans interruption des machines et des installations industrielles. Nous vous accompagnons avec compétence dans le monde numérique.



B innovating automation

Une technologie sud-coréenne permet de réduire les coûts de l'électricité

Une nouvelle technologie inédite sud-coréenne, appelée ULTRA GWS pour Global Watt System, arrive sur le marché suisse. Basée sur le principe d'une onde électromagnétique rotative, elle transmet un phénomène d'absorption par résonance aux lignes de courants, ce qui engendre une diminution de l'effet Joule (résistance) et, par conséquent, réduit la consommation d'électricité.

Une nouvelle technologie inédite sud-coréenne, appelée ULTRA GWS pour Global Watt System, arrive sur le marché suisse. Basée sur le principe d'une onde électromagnétique rotative, elle transmet un phénomène d'absorption par résonance aux lignes de courants, ce qui engendre une diminution de l'effet Joule (résistance) et, par conséquent, réduit la consommation d'électricité.

L'équipement de la technologie ULTRA GWS est un nouvel appareil qui améliore la qualité des flux électriques, tout en réduisant la consommation globale d'énergie de 7 à 15 %. En comparaison, l'utilisation des équipements actuellement disponibles, basés notamment sur l'intégration de condensateurs, génère une performance décevante, de seulement 3 % au maximum. De telles réductions sont importantes pour les entreprises, dans cette période de hausses régulières du prix du kilowattheure. Ce principe peut être comparé au flux d'un fluide turbulent qui se transforme en un flux laminaire.

Un retour rapide sur investissement

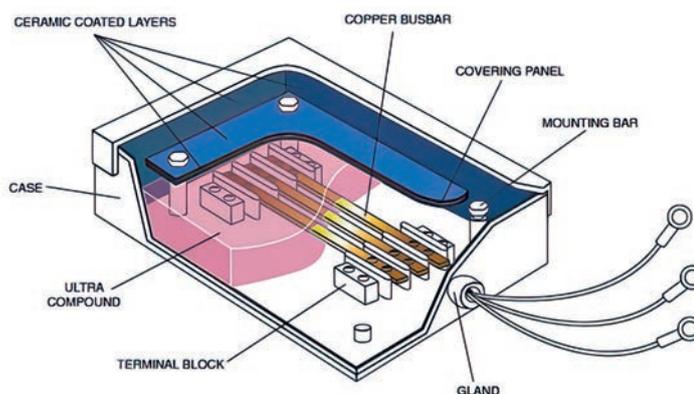
La mise en place de l'équipement est rapide, en seulement quelques heures, grâce à une installation et une intégration simple dans les branchements électriques de l'entreprise, en aval du transformateur basse tension (TGBT). Aucune maintenance n'est nécessaire, car l'équipement est entièrement statique, ne dispose d'aucune pièce en mouvement, ne comporte ni moteur, ni électronique ni aucun condensateur. Le retour sur investissement attendu est de 18 à 24 mois.

Une technologie respectueuse de l'environnement

La technologie ULTRA GWS est respectueuse de l'environnement, d'une part parce qu'elle ne consomme pas d'électricité, d'autre part parce qu'elle contribue à allonger la durée de vie des équipements branchés et, par conséquent, à réduire



Le boîtier de l'installation ULTRA GWS.



Le principe de la technologie ULTRA GWS.

les coûts de maintenance. La qualité du réseau électrique est également améliorée grâce à la diminution des effets harmoniques. En améliorant la qualité des flux électriques, elle permet aussi une diminution de l'empreinte carbone grâce à une optimisation des performances des équipements branchés.

Une technologie protégée et éprouvée

Cette technologie sud-coréenne est protégée par deux brevets internationaux. Elle compte plus de 530 installations dans 30 pays. En première suisse, pendant plus de six mois, la société Taskforce&Advisor Sàrl a pu tester et valider les performances de la technologie ULTRA GWS, grâce au soutien

d'une entreprise jurassienne active dans l'industrie horlogère. Le gain en matière de réduction de la consommation d'électricité a atteint 12,6 %. Toutes les solutions proposées aujourd'hui sur le marché, proposant ou contribuant à des réductions de la consommation d'électricité se font par une optimisation du fonctionnement des équipements, contrairement à la technologie ULTRA GWS, qui propose une vraie réduction de la consommation.

La gamme de produits

La gamme des équipements ULTRA GWS comporte treize modèles, du plus petit, ULTRA GWS-0,5 (kVA), jusqu'au plus grand, ULTRA GWS-1500 (kVA). Ils peuvent être utilisés à des fins d'applications industrielles, commerciales et domestiques. Cette technologie a obtenu en 2023, les déclarations de conformité CH et CE. ■



Une gamme différente de produits, allant de 0,5 à 1500 kVA.

À propos de Taskforce&Advisor Sàrl

L'entreprise Taskforce&Advisor Sàrl accompagne les PME durant leur transformation industrielle et énergétique 4.0. Depuis plus de 20 ans, elle a acquis une expertise dans la mise en œuvre au sein des PME, des meilleures pratiques industrielles que sont aujourd'hui l'Industrie 4.0 et le Lean Management 4.0, afin de les rendre efficaces et compétitives au niveau opérationnel.

Depuis le début de cette année, la société Taskforce&Advisor est devenue le distributeur et revendeur exclusif en Suisse pour les équipements ULTRA GWS et partenaire officiel du distributeur et intégrateur européen Photon Group, qui est au bénéfice d'une exclusivité commerciale pour l'Europe, l'Afrique et le Moyen-Orient.

Contact



■ T&A | Taskforce&Advisor Sàrl
www.ta-ad.biz

En bref

Un modèle couleur-efficacité pour les modules photovoltaïques

Les modules photovoltaïques colorés sont de plus en plus utilisés lorsque les enveloppes des bâtiments doivent produire de l'électricité tout en étant esthétiques et conçues de manière individuelle. Dans le cadre d'un projet de recherche soutenu par Innosuisse, la Haute école spécialisée de Lucerne a développé, en collaboration avec le partenaire industriel Glas Trösch, un modèle permettant de simuler les couleurs et l'efficacité de modules photovoltaïques colorés.

La couleur du module est obtenue à l'aide d'un procédé numérisé d'impression céramique sur verre, utilisé à la place du verre transparent lors de la production des modules. Ce procédé nécessite des données numériques, ainsi que des réglages spécifiques lors de l'impression. À partir de ceux-ci, il est désormais possible de déterminer à l'avance la couleur et l'efficacité électrique qu'aurait un module photovoltaïque doté de ce verre imprimé, et ce, avant de devoir recourir à une production complexe.

Études de faisabilité 2023 : l'OPI soutient seize entreprises

Pour stimuler l'innovation et favoriser les collaborations entre les PME et les hautes écoles genevoises (UNIGE, HES-SO Genève), l'Office de Promotion des Industries et des Technologies (OPI) lance chaque année un appel à projets. Au terme du processus de sélection assumé par un jury, chaque dossier retenu bénéficie d'un subside pouvant atteindre 15000 francs. Le projet soumis doit s'inscrire dans une démarche d'innovation technologique ou d'usage (produit ou service). De même, le subside doit répondre à une étude de type PoC (Proof of concept); elle doit permettre de franchir un cap et engendrer un projet de plus grande envergure.

Les entreprises genevoises de moins de 250 collaborateurs, les chercheurs et les enseignants peuvent soumettre leur dossier. Passée cette étape, un entretien est organisé avec le jury qui évalue la dimension innovante du projet. À noter toutefois qu'une société ne peut obtenir un subside que tous les deux ans.

Les vols martiens d'Ingenuity

Georges Pop

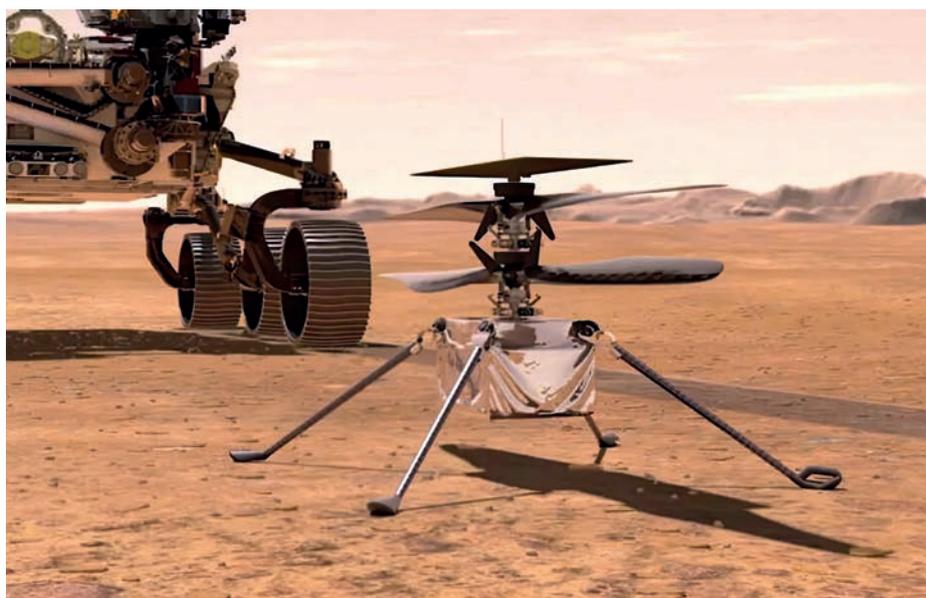
Depuis son arrivée sur Mars le 18 avril 2021, le petit hélicoptère Ingenuity de la NASA enchaîne ses missions avec succès. Le 16 septembre dernier, cet engin d'une masse de 1,8 kg a effectué son 59^e vol, battant un nouveau record d'altitude.

Le 16 septembre dernier, le petit hélicoptère Ingenuity de la NASA, aussi appelé *Mars Helicopter Scout*, a établi un nouveau record d'altitude dans le ciel martien, lors de son 59^e vol sur la planète rouge. Au cours de cette mission, ce giravion s'est élevé à 20 m au-dessus du sol, restant suspendu dans les airs pendant 142,59 secondes, selon les responsables du Jet Propulsion Laboratory (JPL) de la NASA. Son précédent record d'altitude était de 18 m en vol stationnaire.

Une atmosphère peu dense

Au cours de ses 59 vols, Ingenuity a parcouru 13 304 m pendant 106,5 minutes. Ses records de distance et de durée en un seul vol sont respectivement de 704 m et 169,5 s. L'engin qui, sans ses pales, est à peine plus gros qu'un ballon de basketball, se déplace grâce à deux rotors coaxiaux bipales tournant en sens inverse. D'une extrémité à l'autre, ces rotors ont une longueur, de 1,21 m et une hauteur de 0,8 m. Leur vitesse de rotation, comprise entre 2400 et 2900 tr/min, est dix fois supérieure à celle d'un hélicoptère conventionnel. Cette vitesse est indispensable pour maintenir cet engin de 1,8 kg dans l'air peu dense de la planète qui, près du sol, correspond à celui de l'atmosphère terrestre à une altitude de 25 km.

Le petit hélicoptère martien est propulsé par l'énergie électrique générée par



Le 16 septembre dernier, le petit hélicoptère Ingenuity de la NASA a établi un nouveau record d'altitude dans le ciel martien, lors de son 59^e vol sur la planète rouge.

un accumulateur lithium-ion, alimenté par des cellules photovoltaïques. Des résistances chauffantes lui permettent de maintenir ses divers systèmes à une température permettant de résister à celles des nuits martiennes, qui peuvent descendre jusqu'à -100 °C. Le train d'atterrissage de l'engin a été conçu pour résister au choc sur un sol pouvant présenter une pente importante.

Des vols autonomes

Ingenuity emporte une caméra de navigation, ainsi qu'une caméra couleur à haute résolution pour photographier le terrain exploré et ouvrir la voie à l'astromobile Perseverance, sur le châssis duquel l'hélicoptère était fixé lors du lancement de la mission Mars 2020 de la NASA, le 30 juillet 2020, à bord d'une fusée Atlas V 44. Il vole de façon autonome,

Ingenuity: caractéristiques techniques

Masse :	1,8 kg
Hauteur :	80 cm
Diamètre des rotors :	120 cm
Vitesse de rotation des rotors :	2400 tr/min.
Vitesse de l'extrémité des pales :	< 0,7 Ma
Dimensions du corps :	14 cm de côté
Énergie :	220 W
Durée d'un vol :	90 s
Rayon d'action max. :	600 m
Altitude max. :	400 m
Vitesse max. :	10 m/s - 3 m/s en ascension



Les vols de reconnaissance d'Ingenuity ouvrent la voie à l'astromobile Perseverance qui explore le cratère Jezero qui aurait jadis contenu de l'eau.

suivant les instructions transmises de la Terre avant chaque décollage, les délais de communication interdisant tout contrôle direct du vol par un opérateur basé sur Terre.

L'expérience acquise lors des vols d'Ingenuity – premier appareil à survoler le sol d'une autre planète – devraient ouvrir la voie à la conception d'engins

plus volumineux. Selon l'ingénieur Bob Balaram du JPL, la NASA planche déjà sur la conception d'engins volants dix à quinze fois plus massifs. À la différence d'Ingenuity, qui n'a pas été conçu pour emporter des instruments scientifiques, ses successeurs pourraient voler avec une charge utile de quelque 4 à 5 kg. ■

Contact



■ NASA
Jet Propulsion Laboratory
(JPL)
www.nasa.gov

Rétrospective – La Revue en 1993

L'inspection visuelle automatisée

Les industriels se sont longtemps fiés au contrôle visuel seul capable, selon eux, de garantir la qualité de leurs produits. Cet axiome va bientôt être rangé au musée des idées dépassées. L'association d'un organe de vision de type CCD à l'intelligence informatique actuelle permet l'inspection rapide, précise, efficace et complète de produits aussi divers que des lampes, des vis ou des connexions de circuits intégrés. C'est la société d'automation industrielle GSY qui se charge de la mise au point des applications spécifiques chez le client.

Ce système, destiné au contrôle d'objets en cours ou en fin de fabrication, est composé d'une ou de plusieurs caméras, organes de vision, d'un convertisseur analogique-numérique ultra-rapide et d'une mémoire image. Un microprocesseur compare cette image avec celle d'un objet servant de référence, suivant des critères préalablement définis. Par exemple, une partie de l'objet peut être absente ou une des dimensions hors tolérances. Le résultat de l'analyse sera utilisé pour l'affichage d'un message d'erreur, le rejet d'objets défectueux – jusqu'à 60 par seconde – et même pour la correction immédiate du cycle de fabrication (contrôle de processus). Le système peut être complété par un générateur de lumière stroboscopique synchronisé avec la caméra permettant de «geler» le mouvement d'objets défilant à grande vitesse sur un ruban convoyeur.

Semicon Europa 9: tout pour les mégapuces

Pour la première fois, le Palexpo de Genève sera l'hôte de l'une des plus prestigieuses manifestations spécialisées concernant les technologies d'avant-garde de la micro-électronique: il s'agit de Semicon Europa 93, qui s'y tiendra du 30 mars au 1^{er} avril prochains.

Cette manifestation est organisée tous les ans par SEMI (Semiconductor Equipment and Materials International), organisme ayant son siège à Mountainview en Californie, et regroupant 1440 entreprises du monde entier qui produisent des équipements et des matériels pour la fabrication de composants à semi-conducteurs. Semicon Europa 93 comprend d'abord un congrès de haut niveau, avec quelque 1200 participants, dont le thème principal sera cette fois «Les progrès dans la fabrication des semi-conducteurs», accompagné d'une exposition où quelque 730 équipementiers originaires d'environ 45 pays proposeront aux nombreux visiteurs spécialistes attendus une vaste panoplie de produits utilisés pour l'étude, le développement et la réalisation des diverses catégories de dispositifs à semi-conducteurs, notamment les mémoires DRAM de 64 et 256 Moits.

Landis & Gyr équipe les CFF

Les Chemins de fer fédéraux (CFF) étendent la téléconduite de leur réseau de caténaires 15 kV. Après la mise en service du centre de conduite d'arrondissement de Zurich en mars 1992 et de la centrale de téléconduite de Genève en octobre 1992, Landis & Gyr a reçu la commande d'une deuxième centrale de téléconduite. Cette commande comprend un centre de conduite Telegyre 3200 et 30 postes asservis de téléconduite Telegyre® 809. Le nouveau centre de conduite doit être installé dans la sous-station de Bussigny, près de Lausanne. La condition essentielle pour assurer la fiabilité du fonctionnement des trains est l'alimentation en courant. Grâce à la visualisation claire du réseau de caténaires, l'opérateur est informé à tout moment de l'état actuel du réseau. En outre, la coupure sélective de la tension sur certains tronçons de voie permet d'exécuter sans risques les travaux de construction et d'entretien. En cas de panne, on peut localiser rapidement les tronçons de ligne concernés et les isoler du reste du réseau. Une exploitation réduite est maintenue si possible durant la réparation.

Un concept hiérarchisé à trois niveaux a été élaboré pour assurer la sécurité, la rentabilité et la rapidité de réaction de la conduite du réseau électrique des chemins de fer. Au niveau supérieur, ce sont les centres de conduite d'arrondissement prévus à Lausanne, Lucerne et Zurich qui, en temps normal, gèrent l'ensemble du réseau de lignes de contact d'un arrondissement. A un deuxième niveau, les centrales de téléconduite Telegyre L53200 assurent au besoin la surveillance et la commande des installations à 15 kV alimentées par un poste de transformation. Les postes asservis de téléconduite Telegyre 809 installés dans les postes de couplage forment le troisième niveau hiérarchique, et jouent le rôle d'interface avec le processus.

Un nouveau capteur de l'humidité de l'huile

L'huile est l'élixir de vie de nombreuses installations industrielles et machines. Elle permet de refroidir, de lubrifier, d'isoler et de transmettre la puissance. Pour faire fonctionner un engrenage, un transformateur ou une installation industrielle de manière sûre et stable sur une longue période, il est souvent nécessaire de surveiller la nature des lubrifiants à l'aide de capteurs.

Pour des fonctions de surveillance, l'entreprise IST AG a développé le nouveau capteur Moisture-in-Oil. Il s'agit d'un module numérique compact de mesure de l'humidité et de la température (RH/T), qui détermine le degré de saturation relatif de l'eau en % RH (humidité relative) dans les huiles et les carburants. Cette méthode présente un avantage important par rapport à la mesure absolue de la teneur en eau (en ppm H₂O), car elle reflète toujours la nature et les performances actuelles de l'huile.

Tout lubrifiant vieillit. Cela se produit par la dégradation, la décomposition des additifs et la présence d'impuretés. Le vieillissement modifie à long terme la capacité de l'huile à absorber l'eau et la performance du lubrifiant diminue – ce qui peut, dans le pire des cas, entraîner des pannes de machines et des réparations coûteuses. Dans le contexte d'une maintenance préventive, la surveillance continue de la capacité d'absorption d'eau de l'huile gagne en importance.

L'importance de la surveillance de l'humidité

Afin de garantir un fonctionnement fiable des installations, une telle surveillance trouve son application dans les domaines industriels où la maintenance et les arrêts des machines sont planifiés. On trouve des exemples d'installations sensibles à l'humidité dans le domaine de la mobilité, dans les moteurs de bateaux et leurs engrenages, dans les véhicules utilitaires, les transformateurs des véhicules ferroviaires, ainsi que dans la technique énergétique avec les éoliennes et leurs générateurs. Dans l'industrie, la surveillance de l'humidité peut être appliquée aussi bien dans les grands réservoirs d'huile, les grandes machines de forage ou de l'industrie papetière, que dans les petites installations comme les unités mobiles de filtration d'huile.

Grâce à son boîtier à visser en acier inoxydable, le nouveau capteur Moisture-in-Oil est fait pour une utilisation dans un environnement industriel. Grâce à une interface



Le nouveau capteur d'humidité de l'huile Moisture-in-Oil.

Caractéristiques techniques

Surveillance continue de la température et du degré de saturation de l'eau dans l'huile.	
Plages de fonctionnement :	0 à 100 % RH ; -40 à 120 °C
Reproductibilité :	±0,2 % RH ; ±0,1 °C
Précision :	±3 % RH ; ±0,2 °C
Boîtier :	acier inoxydable 1.4571, filetage M14 x 1,5 mm
Interface :	bus numérique I2C ; câble de 0,5 m

À propos d'IST AG

La société Innovative Sensor Technology IST AG est l'un des principaux fabricants mondiaux de capteurs physiques, chimiques et biologiques. Fondée en 1991, elle a son siège social à Ebnat-Kappel, dans le canton de Saint-Gall, et emploie environ 500 personnes dans le monde entier.

IST AG est spécialisée dans le développement et la fabrication de capteurs de température, de flux thermique, de capteurs et de modules d'humidité, de capteurs de conductivité et de biocapteurs. Outre les produits standards, elle propose des adaptations de capteurs aux applications individuelles et spécifiques des clients, jusqu'au développement commun de nouvelles technologies.

Les capteurs IST SA se caractérisent par leur précision et leur cohérence dans diverses conditions de mesure. Ils sont utilisés dans des instruments de mesure dans les domaines d'application les plus divers, comme la technique médicale, le contrôle des processus, la technique de test et de mesure ou encore la biotechnologie.

IST AG fait partie du groupe Endress+Hauser, dont le siège se trouve à Reinach, dans le canton de Bâle-Campagne, qui fait partie des chefs de file mondiaux de la fabrication d'instruments de mesure, de services et de solutions pour le génie des procédés industriels.

électronique numérique universelle (I²C), il peut être facilement intégré dans différents systèmes de mesure et de surveillance. Ce capteur est livré compensé en température et calibré. Une carte de test avec des sorties analogiques (0-10 V)

est également disponible à des fins d'évaluation. Des solutions de confection et d'étalonnage spécifiques à l'application sont également proposées aux fabricants d'appareils de mesure pour ce capteur. ■

Contact



■ Innovative Sensor
Technology IST AG
CH- 9642 Ebnet-Kappel
Tél. +41 71 992 01 00
www.ist-ag.com

Agenda

En raison des inévitables changements de date ou des annulations imprévues, nous recommandons à nos lecteurs de prendre contact avec les organisateurs avant d'entreprendre de longs déplacements. Sur demande, la rédaction communique les adresses utiles.

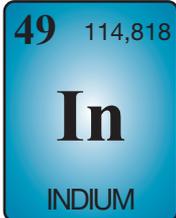
EN SUISSE

2-5 nov.	Auto Zürich Car Show www.auto-zuerich.ch	MCH Messe Schweiz, Zurich	Exposition de l'automobile.
23-26 nov.	Salon de l'Énergie et de la Construction www.bautrends.ch/bau-energie/de/fuer-besucher-uebersicht-sonderschauen	BERNEXPO, Berne	Salon avec congrès pour la construction et la rénovation énergétiquement efficaces, la construction en bois et les énergies renouvelables.

À L'ÉTRANGER

2-4 nov.	Nordental www.ntfslandsmote.no	Lillestrom (NO)	Foire de la technologie dentaire et de la dentisterie.
6-9 nov.	Aquatech www.aquatechtrade.com/amsterdam	Amsterdam (NL)	Salon de la technologie de l'eau.
7-9 nov.	BATTERY EXPERTS FORUM www.battery-experts-forum.com	Darmstadt (DE)	Exposition et conférence internationales sur les batteries.
7-9 nov.	Teknologia 23 https://teknologia.messukeskus.com/?lang=en	Helsinki (FI)	Salon international de l'automatisation, de l'électronique, de l'hydraulique, de la pneumatique, de la tôlerie, de la construction mécanique, de la robotique et de la maintenance.
7-10 nov.	Ecomondo www.ecomondo.com	Rimini (IT)	Salon international des matières et de l'énergie.
7-10 nov.	Blechexpo www.blechexpo-messe.de	Stuttgart (DE)	Salon professionnel international du traitement de la tôle.
7-10 nov.	Formnext https://formnext.mesago.com/frankfurt/en.html	Francfort-sur-le-Main (DE)	Salon international et conférence sur les technologies additives et la construction d'outils.
8-9 nov.	KVD Service Congress www.service-verband.de/kvd-service-congress/	Essen (DE)	Salon international du service, de la logistique des pièces détachées et du service à la clientèle.
9-10 nov.	Plastic Waste Free World www.plasticfree-world.com	Cologne (DE)	Conférence et exposition pour les entreprises cherchant à réduire l'impact environnemental des plastiques.
10-11 nov.	id infotage dental www.infotage-dental.de	Francfort-sur-le-Main (DE)	Salon professionnel pour les cabinets et les laboratoires dentaires.
13-16 nov.	COMPAMED www.compamed-tradefair.com	Düsseldorf (DE)	Salon professionnel international de l'industrie des fournisseurs médicaux et du développement des produits.
14-15 nov.	Supply Chain Event www.supplychain-event.com	Paris (FR)	Salon de la gestion de la chaîne d'approvisionnement.
14-16 nov.	SPS - Smart Production Solutions https://sps.mesago.com/nuernberg/en.html	Nuremberg (DE)	Salon de l'automatisation intelligente.
14-17 nov.	Milipol Paris www.milipol.com	Paris (FR)	Salon international pour la sécurité.
14-17 nov.	SEMICON Europa www.semicon.europa.org	Munich (DE)	Salon innovant pour la production électronique.
15-16 nov.	Data Centre World Paris www.datacentreworld.fr	Paris (FR)	Salon et conférence sur les centres de données.

Atomes



L'indium est un métal de post-transition gris, diamagnétique, semi-conducteur, malléable, facilement ductile et sectile, qui appartient au groupe 13 du tableau périodique, celui du bore et de l'aluminium. Découvert en 1863 par les Allemands Ferdinand Reich et Theodor Richter, il doit son nom à la couleur indigo émise lors du test à la flamme. L'indium est un élément rare, dont le clark est de 50 à 100 mg/t. Il ne se trouve que rarement sous forme de minéral et est généralement obtenu comme sous-produit de la métallurgie du zinc, par électrolyse de ses sels en solutions aqueuses.

Le point de fusion de l'indium est de 156,6 °C et son point d'ébullition de 2072 °C, ce qui lui donne une importante plage liquide. Sa masse volumique est de 7,31 g/cm³ à 20 °C. Il devient supraconducteur en dessous de 3,41 K.

L'indium possède 39 isotopes connus, de nombre de masse variant entre 97 et 135, et 47 isomères nucléaires. Parmi ces isotopes, un seul est stable, ¹¹³In. Cependant, l'indium naturel est constitué majoritairement d'un isotope faiblement radioactif, ¹¹⁵In, d'une demi-vie de 441 000 milliards d'années. En médecine nucléaire, l'isotope ¹¹¹In, avec ses émissions gamma de 173 et 247 keV, permet de réaliser certains examens.

L'indium possède les degrés d'oxydation I, II et III. Il présente une chimie analogue à celle de l'aluminium et du gallium, et

forme de nombreux alliages, pour des revêtements galvanoplastiques anticorrosion, par exemple.

L'indium se combine à chaud avec les halogènes et le soufre. Ses sels sont solubles dans l'eau. Soumis au test de flamme, ils engendrent une flamme possédant deux raies caractéristiques, bleu foncé et violet. Ses principaux composés sont les halogénures InF₃, InCl, InCl₂, InCl₃, InBr, InI, les oxydes In₂O et In₂O₃, l'hydroxyde In(OH)₃, l'hydrure InH₃, le sulfure In₂S₃, le sulfate In₂(SO₄)₃, le nitrate In₂(NO₃)₃, le phosphore InP et les composés organiques In(CH₃)₃ et In(CH₂CH₃)₃.

L'utilisation massive, de l'indium dans les écrans plats LCD en a fait une matière première critique. Il est également utilisé comme joint pour réaliser des scelllements hermétiques, pour effectuer des brasures, dans les soudures de transistors et semi-conducteurs sensibles. En mécanique, il permet d'obtenir des alliages antifricion. L'arséniure InAs et le séléniure InSe sont des semi-conducteurs. Le phosphore InP est un substrat des composants optoélectroniques (DEL, diodes laser, photodiodes).

L'indium n'a aucun rôle biologique connu. Sa toxicité est faible, mais elle peut être exacerbée par certains facteurs. Ses sels sont réputés peu toxiques par ingestion orale en faible quantité, mais sont des poisons violents en injection sous-cutanée ou intraveineuse.

Espace & Particules

Mission accomplie pour Osiris-REx

Sept ans après son décollage, la sonde Osiris-REx de la NASA est revenue sur Terre le 24 septembre dernier, afin de livrer les échantillons prélevés sur l'astéroïde Bénou à plus de 100 000 km de la Terre, il y a presque trois ans. Lancée en 2016, la sonde a commencé à orbiter deux ans plus tard autour de l'astéroïde Bénou, un gros caillou de 500 m de diamètre.

Une capsule renfermant 250 g de fragments de roches et de poussières – soit bien plus que les deux précédents échantillons d'astéroïdes rapportés par des missions japonaises – s'est posée sur une base américaine dans le désert de l'Utah. Il s'agit du plus gros échantillon rapporté sur Terre depuis les roches lunaires du programme Apollo en 1972.

S'en est suivie une procédure minutieuse de contrôle et de mise en sécurité afin d'éviter toute contamination des échantillons. La capsule a été acheminée par hélicoptère jusqu'à une salle blanche, où le compartiment qui renferme les prélèvements a été mis sous azote pour empêcher tout contact avec l'air.

La majorité de l'échantillon sera conservée pour être étudiée par des générations futures. Un quart sera utilisé pour des expériences et une partie sera partagée avec le Japon et le Canada, partenaires de la mission. Le Japon avait lui-même donné à la NASA quelques grains de l'astéroïde Ryugu, dont il avait rapporté 5,4 g en 2020, lors de la mission Hayabusa-2. En 2010, il avait rapporté une quantité microscopique d'un autre astéroïde. L'analyse des échantillons de Bénou doit permettre de mieux comprendre la formation du Système solaire et comment la Terre est devenue habitable.

L'influence de la gravité sur l'antimatière

Selon la théorie de la relativité générale, l'antimatière et la matière devraient chuter de la même manière. Mais est-ce vraiment le cas, ou existe-t-il d'autres forces à longue portée, au-delà de la gravité, qui influent sur leur chute libre ?

Dans un article publié dans la revue *Nature*, la collaboration ALPHA auprès de l'usine d'antimatière du CERN montre que, dans la limite de la précision de leur expérience, les atomes d'antihydrogène tombent sur Terre de la même manière que leurs équivalents de la matière. Ce résultat, qui représente la première expérience directe permettant d'observer un effet gravitationnel sur l'antimatière en mouvement, constitue une étape importante dans l'étude des propriétés et du comportement de l'antimatière, dont l'absence apparente dans l'Univers reste un mystère.

La collaboration ALPHA crée des atomes d'antihydrogène à partir d'antiprotons, produits par les machines AD et ELENA de l'usine d'antimatière du CERN, en les liant à des positons provenant d'une source de sodium 22. Elle emprisonne ensuite ces atomes dans un piège magnétique, qui les empêche d'entrer en contact avec la matière et d'être annihilés.

Fabrication additive : quelle technologie utiliser ?

La fabrication additive, parfois appelée impression 3D, est un terme englobant toutes les méthodes de fabrication par strates. Comparée à l'injection, elle présente des avantages significatifs en termes de coût et de temps, car elle n'exige pas de moules. Parmi les sept procédés de fabrication additive majeurs, trois sont plus couramment utilisés, en particulier pour la création de prototypes et de petites séries.

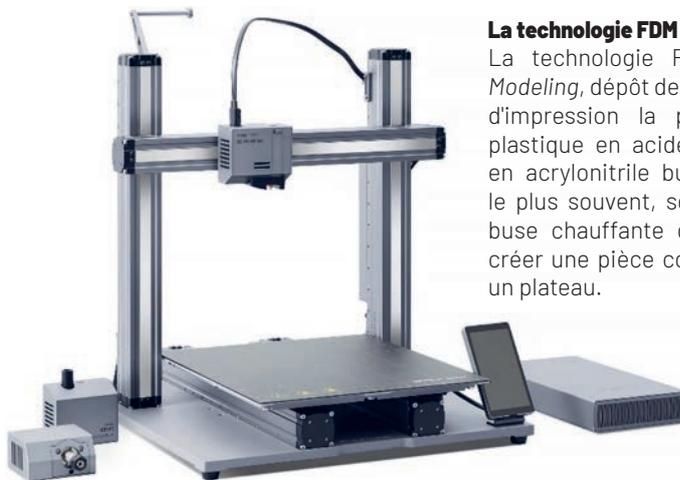
La fabrication additive est un procédé de création d'objets tridimensionnels à partir d'un fichier numérique. Ce procédé est dit additif, car la fabrication repose sur la superposition de fines couches de matière, une par une. Cette technologie peut produire des formes complexes impossibles à réaliser par les méthodes traditionnelles de moulage et d'usinage, ni avec les techniques soustractives.

Ces méthodes de fabrication offrent un avantage indéniable de coût et de temps par rapport à l'injection du fait qu'il n'y a pas besoin de moules. On recense sept procédés de fabrication additive majeurs, mais trois sont plus courants que les autres, particulièrement pour la réalisation de prototypes et de petites séries.

D'autres techniques de fabrication additives, moins courantes, ont avec chacune leurs avantages spécifiques. ■

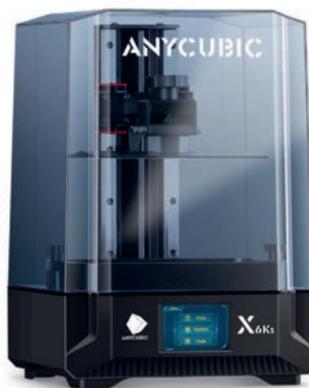
La technologie FDM

La technologie FDM (*Fused Deposition Modeling*, dépôt de fil fondu) est la méthode d'impression la plus répandue. Un fil plastique en acide polylactique (PLA) ou en acrylonitrile butadiène styrène (ABS), le plus souvent, se déroule à travers une buse chauffante qui le fait fondre pour créer une pièce couche après couche sur un plateau.



La stéréolithographie

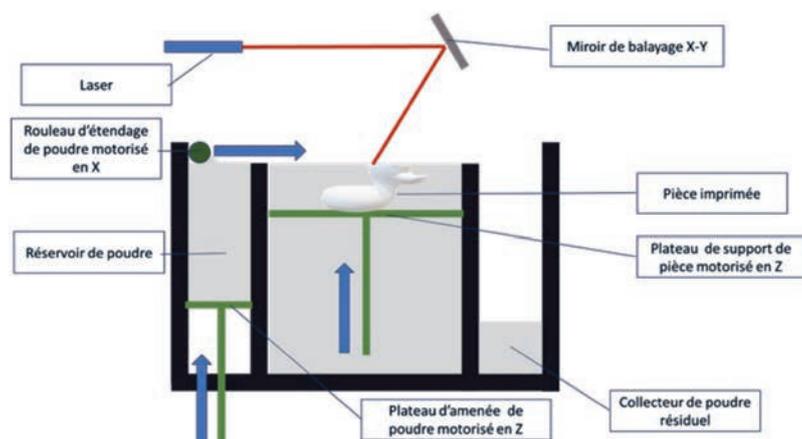
La stéréolithographie (SLA) est une technologie de prototypage rapide fonctionnant par durcissement d'une résine polymère liquide grâce à de la lumière UV, soit au moyen d'un laser, soit par un écran LCD ou DLP. Cette technique est également appelée polymérisation en cuve (*vat photopolymerization*). Un large choix de résine est disponible, certaines biocompatibles ou transparentes.



Contact



■ gigAtec SA
CH-1337 Vallorbe
Tél. +41 24 423 89 64
www.gigatec.ch



Le frittage sélectif par laser

Le frittage sélectif par laser SLS (*Selective Laser Sintering*) consiste à solidifier une poudre couche après couche au moyen d'un laser. Des poudres céramiques vitreuses permettent d'étendre le champ des possibilités.

La hauteur de chaque couche est d'environ 100 μm .

La précision et l'état de surface, qui est excellente, permet de réaliser non seulement des prototypes, mais également des petites séries.

Principes, lois et théories

Les lois de Kepler

Michel Giannoni

Au nombre de trois, les lois de Kepler décrivent les principales propriétés du mouvement des planètes autour du Soleil et, plus généralement, le mouvement des corps célestes. Elles énoncent que les planètes décrivent des trajectoires elliptiques dont le Soleil occupe l'un des foyers, que le rayon vecteur planète-Soleil balaie des aires égales en des temps égaux, et que le carré de la période de révolution d'une planète est proportionnel au cube de sa distance au Soleil.

Les trois lois de Kepler sont des lois cinématiques qui ont été découvertes en 1604 et 1618 par l'astronome et physicien allemand Johannes Kepler (1571-1630), qui les a établies de manière empirique à partir des observations et des mesures de la position des planètes faites par l'astronome danois Tycho Brahe (1546-1601), mesures qui, avec une précision de 2 min d'arc, étaient tout à fait remarquables à l'époque.

Copernic avait certes affirmé en 1543 que les planètes tournaient autour du Soleil, mais il s'appuyait sur le mouvement circulaire uniforme hérité de l'Antiquité grecque avec des moyens mathématiques pas si différents de ceux utilisés par Ptolémée pour son système géocentrique.

Kepler publia les deux premières lois en 1609 dans son ouvrage *Astronomia nova*, puis la troisième en 1619 dans son traité d'astronomie *Harmonices Mundi*. Les orbites elliptiques, telles qu'énoncées dans ses deux premières lois, permettent d'expliquer la complexité du mouvement apparent des planètes dans le ciel sans recourir aux épicycles, excentriques et autres équants des modèles copernicien et ptoléméen.

En 1687, s'appuyant sur les travaux de Galilée (1564-1642), de Kepler et d'Huygens (1629-1695), Isaac Newton (1643-1727) découvrit la loi de la gravitation, qui lui permit d'expliquer les trois lois de Kepler. L'astronome français Jérôme Lalande (1732-1807), dans son *Abrégé d'astronomie* de 1774, aurait été le premier à numéroter les trois lois de Kepler dans l'ordre selon lequel elles se trouvent aujourd'hui.

Les lois de Kepler peuvent également s'appliquer dans le cas d'un problème à deux corps, sans la présence d'un objet central prépondérant, tel que le Soleil. Dans un tel cas, le point central auquel se réfèrent les deux premières lois n'est pas le centre du corps le plus massif, mais le centre de gravité des objets en interaction.



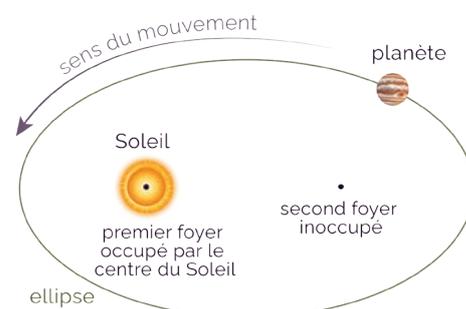
Johannes Kepler (1571-1630).

Les lois de Kepler ne sont pas limitées à la gravitation. Elles s'appliquent pour toute accélération orbitale se manifestant sous la forme $1/r^2$. Elles sont aussi mentionnées dans certains modèles d'électrons orbitant autour d'un noyau atomique, comme le modèle de Bohr-Sommerfeld qui prévoit des orbites elliptiques pour les électrons. Toutefois, la physique quantique considère aujourd'hui que cette notion d'électrons en orbite elliptique autour des noyaux atomiques n'est qu'une approximation.

Les lois de Kepler ont permis d'affiner les recherches de nouveaux astres et de mettre en évidence des irrégularités de mouvements de corps connus. L'exemple le plus emblématique est celui des irrégularités du mouvement d'Uranus, qui permit la découverte par le calcul, en 1845, de Neptune par l'astronome et mathématicien français Urbain Le Verrier (1811-1877).

La première loi de Kepler

La première loi de Kepler, dite « loi des orbites » ou « loi des ellipses », stipule que



La première loi de Kepler énonce que les planètes gravitant autour du Soleil décrivent des trajectoires elliptiques, dont le Soleil occupe l'un des foyers.

les planètes et les objets gravitant autour du Soleil décrivent des trajectoires elliptiques, dont le Soleil occupe l'un des foyers. Certaines comètes, dont la trajectoire est parabolique ou hyperbolique, n'obéissent pas à la première loi de Kepler.

Dans le référentiel héliocentrique, le Soleil occupe toujours l'un des deux foyers de la trajectoire elliptique des planètes

L'ellipse

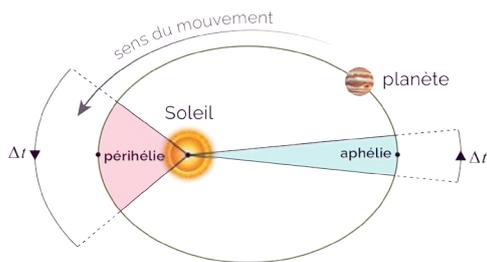
L'ellipse est une conique d'excentricité comprise entre 0 et 1. On peut la définir comme le lieu des points dont la somme des distances à deux points fixes - les foyers - est constante. L'ellipse est la forme qu'on perçoit en regardant un cercle en perspective ou la figure formée par l'ombre d'un disque sur une surface plane. On trouve des ellipses dans les trajectoires de corps célestes orbitant autour d'une étoile ou d'une planète.

L'équation cartésienne de l'ellipse est

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$$

et son équation bifocale

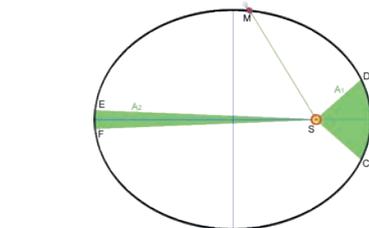
$$MF + MF' = 2a$$



La deuxième loi de Kepler, dite « loi des aires », énonce que le rayon vecteur planète-Soleil balaie des aires égales en des temps égaux.

qui gravitent autour de lui. Plus précisément, c'est le centre d'inertie qui occupe ce foyer, mais la différence est minime, la plus grande étant atteinte avec Jupiter qui, du fait de l'importance de sa masse, décale ce centre d'inertie de 743 075 km, soit 1,07 rayon solaire.

Les ellipses que décrivent les centres de gravité des planètes sont quasi circulaires, ayant une faible ou très faible excentricité orbitale. Les plus élevées sont celle de Mercure (~0,2), suivie de celle de Mars (~0,09). C'est cette dernière que Kepler a utilisée pour sa découverte de la première loi, ayant été aidé par la faiblesse de l'excentricité de l'orbite de la Terre (~0,017) relativement à celle de Mars. Les foyers sont eux bien distincts du centre de l'ellipse. Kepler s'appuya pour cette



Si S est le Soleil et M une position quelconque d'une planète, l'aire balayée par le segment SM entre deux positions C et D est égale à l'aire balayée par ce segment entre deux positions E et F si la durée qui sépare les positions C et D est égale à la durée qui sépare les positions E et F. Des aires égales sont balayées dans des temps égaux.

découverte, sur les positions de Mars, dont il étudiait le mouvement depuis 1600. Il était persuadé que le Soleil est le véritable centre du Système solaire.

La deuxième loi de Kepler

La deuxième loi de Kepler, dite « loi des aires », énonce que le rayon vecteur planète-Soleil balaie des aires égales en des temps égaux. Le rayon-vecteur est une droite imaginaire reliant le Soleil, situé à un des foyers de l'ellipse, à la planète située sur l'ellipse.

Il résulte de la deuxième loi de Kepler, que la vitesse des planètes sur leur orbite n'est pas constante. Elle est maximale au voisinage du périhélie, lorsque la planète est au plus près du Soleil et minimale au voisinage de l'aphélie, lorsqu'elle en est le plus loin. Ce phénomène s'observe particulièrement pour les comètes, dont les orbites, contrairement à celles des planètes, sont très excentriques.

Dans le cas particulier où l'orbite est un cercle, c'est-à-dire une ellipse d'excentricité nulle, la distance planète-étoile est constante et la vitesse de déplacement de la planète sur son orbite est aussi constante ; on a alors un mouvement circulaire uniforme.

De la deuxième loi de Kepler découle l'équation de Kepler, qui permet de trouver l'aire parcourue par une planète en fonction de sa position. L'équation est de la forme

$$M = E - e \sin E$$

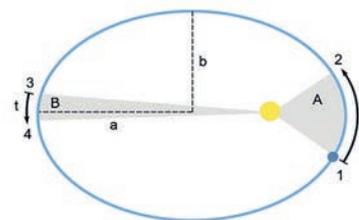
où

M est l'aire parcourue, e l'excentricité et E l'angle au centre de l'ellipse.

La troisième loi de Kepler

La troisième loi de Kepler, dite « loi des périodes » ou « loi harmonique », énonce que le carré de la période de révolution d'une planète est proportionnel au cube de sa distance au Soleil, le rapport étant une constante indépendante de la masse de la planète et qui est la même pour toute planète en orbite autour du Soleil.

La troisième loi de Kepler exprime un invariant à travers tout le Système solaire,



La troisième loi de Kepler énonce que le carré de la période de révolution d'une planète est proportionnel au cube de sa distance au Soleil.

donc une certaine harmonie de celui-ci, le mouvement de toutes les planètes étant unifié en une loi universelle. Isaac Newton comprit le lien entre les lois de la mécanique classique et la troisième loi de Kepler. Il en déduisit l'équation $T^2/a^3 = K$ qui est vérifiée par le mouvement des planètes du Système solaire.

Dans le cas général où la trajectoire est elliptique, l'équation s'écrit

$$T^2/a^3 = 4 \pi^2 / G(M+m) = K$$

où

T est la période de révolution

a est la distance au Soleil, c'est-à-dire le demi grand axe de l'ellipse

K est une constante

G est la constante de gravitation universelle

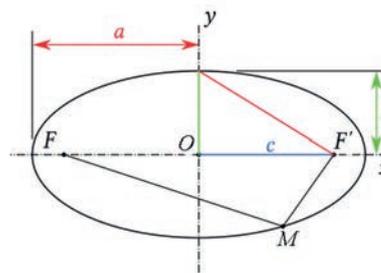
M est la masse du Soleil

m est la masse de la planète

La troisième loi de KEPLER permet, connaissant la valeur de K et la période de révolution d'un astre, de calculer sa distance au Soleil.

Dans le cas du Système solaire, les masses des planètes sont négligeables devant celle du Soleil. En exprimant les distances en unités astronomiques et les périodes en années, on obtient $K = 1$ et la loi s'exprime simplement par la relation $T^2 = a^3$.

Cette formule, avec celles de l'ellipse, permet de calculer les paramètres du mouvement d'une trajectoire elliptique à partir de trois positions. On en déduit également qu'il existe un facteur constant entre la force exercée et la masse d'une planète, qui est la constante de gravitation universelle. ■

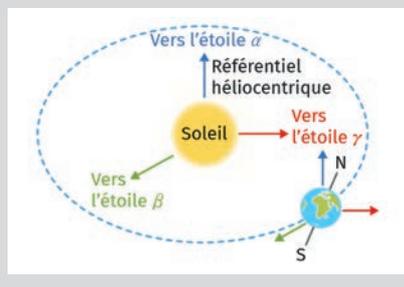


Représentation d'une ellipse
a et b : demi-axes de l'ellipse
c : demi-distance focale
O : centre de l'ellipse
F et F' : foyers

Le référentiel héliocentrique

Un référentiel est un ensemble de points fixes par rapport auquel on repère une position ou un mouvement. Le référentiel héliocentrique ou référentiel de Kepler a son origine au centre de gravité du Soleil. Ses trois axes pointent vers des étoiles suffisamment éloignées pour être considérées comme immobiles.

Un référentiel peut être défini à l'aide d'un système de coordonnées de l'espace-temps lié à un observateur réel ou imaginaire, c'est-à-dire immobile par rapport à lui, composé de trois coordonnées d'espace et d'une coordonnée de temps. Il est utilisé pour définir les notions de position, de vitesse et d'accélération.



La métrologie pour répondre aux défis de la complexité croissante

Cedric Favre

La métrologie, traditionnellement associée à la mesure et au contrôle de la précision, est en train de se métamorphoser en une discipline clé pour relever les défis croissants de la complexité et de l'innovation dans le paysage industriel moderne. À mesure que les technologies évoluent et que les industries se diversifient, la métrologie joue un rôle crucial dans la recherche de solutions pour garantir la qualité, la conformité et la compétitivité. L'évènement organisé par le CNIP a été une occasion particulière d'échanger sur les meilleures pratiques et de permettre ainsi d'améliorer l'efficacité dans le travail quotidien.

Réunis dans les locaux du CNIP (Centre Neuchâtelois d'Intégration Professionnelle), une soixantaine de professionnels ont écouté trois conférences sur le sujet de la métrologie.

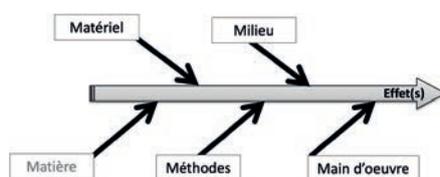
L'aspect académique

Dans son exposé intitulé « métrologie d'aujourd'hui et de demain », Joachim Fernandes, directeur de l'institut de formation et de conseil en gestion de la performance ARIAQ, a relevé que même avec de bons outils, les processus de mesure sont essentiels. Les industries doivent mettre en œuvre une gestion des moyens de mesure (GMM) en cohérence avec les exigences normatives, puis mettre en pratique des techniques d'optimisation de la fonction métrologie.

Il faut éliminer au mieux les incertitudes de mesures en appliquant la fameuse règle des « cinq M » (ou diagramme d'Ishikawa):



Antonio Legaz, directeur de Rostan Suisse SA, exposant les difficultés rencontrées en pratique pour la mise en place de procédures de test.



De quoi parlons-nous ?

La métrologie est la science de la mesure. Elle définit les principes et les méthodes permettant de garantir et maintenir la confiance envers les mesures résultant des processus de mesure. Il s'agit d'une science transversale qui s'applique dans tous les domaines où des mesures quantitatives sont effectuées.

On peut distinguer différents aspects de la métrologie pour faciliter sa compréhension :

- La métrologie fondamentale, ou scientifique, qui vise à créer, développer et maintenir des étalons de référence reconnus.
- La métrologie industrielle, la plus fréquente, qui permet de garantir les mesures, par exemple d'un processus de fabrication, souvent dans le cadre d'un contrôle de qualité lié à un système de management de la qualité.
- La métrologie légale, liée aux mesures sur lesquelles s'appliquent des exigences réglementaires.

À propos du CNIP

Créé en 1994, le Centre Neuchâtelois d'Intégration Professionnelle (CNIP) est un établissement autonome de droit public, spécialisé dans la formation professionnelle des adultes et l'aide à la réinsertion de personnes qualifiées ou non, dans les domaines de l'industrie. Sa mission consiste à accompagner les personnes devant entreprendre une diversification ou un perfectionnement professionnel, une formation de base dans un nouveau métier ou être remises dans une situation professionnelle.

Le CNIP travaille en collaboration étroite avec les tissus industriels et institutionnels locaux, qu'il s'agisse dans le cadre de stages, de perfectionnement ou d'apprentissage. La plupart des mo-

dèles proposés sont développés sur des bases industrielles. Cette approche de la formation implique des relations très étroites avec des entreprises partenaires.

Le CNIP joue un rôle social essentiel auprès des personnes en rupture au niveau professionnel et au niveau de la réinsertion en cas de problèmes physiques ou psychiques. Cette structure dispose de plus de 5000 m² pour développer son outil de formation. L'encadrement intervenant dans la structure est composé de spécialistes de la formation, des pratiques industrielles, de l'encadrement socioprofessionnel et de l'administration.



Les ateliers du CNIP, pouvant accueillir jusqu'à 120 apprentis proposés par les assurances invalidité de différents cantons.

- **Matière :** les consommables utilisés comme les matières premières.
- **Milieu :** le lieu de travail ou l'espace au sein duquel se déroule l'activité, son aspect, son organisation physique. Il peut s'agir d'un périmètre défini si l'activité se déroule à l'extérieur.
- **Méthodes :** les méthodes ou procédures suivies pour réaliser l'activité. Il peut s'agir de flux d'informations, de règles de l'art ou de règles d'un métier.
- **Matériel :** les équipements, machines, outillages...
- **Main d'œuvre :** les ressources humaines, les qualifications attendues ou nécessaires, les compétences...

Des moyens de mesure dimensionnelle

L'important est d'effectuer des mesures à différentes phases de la production, ce qui, logiquement, réduit les rebus. François Melnotte, directeur de l'entreprise Rubis Control SA, le sait bien. Il conseille et

vend des outils de mesure pour la métrologie, la microscopie et la tomographie. Pour ce spécialiste, quand on travaille à très petite échelle – celle du micron –, quatre éléments sont les clés de la réussite des mesures :

- La température, mesurée en continu grâce à des sondes pour corriger la dilatation.
- Un système d'amortissement, comme des coussins actifs ou passifs pour limiter les vibrations.
- Des filtres contre les poussières et les vapeurs d'huile.
- Le posage, avec le choix de la référence.

Le temps de programmation des instruments est également un facteur important pour l'acquisition d'outils pointus de mesure, par scannage ou point-à-point.

L'expérience du terrain

La mise en place de protocoles de contrôle est une opération qui prend du temps. Chez Rostan Suisse SA, par exemple, il a fallu près



Une machine de mesure de haute précision doit être installée dans un endroit propre, exempt de poussières et de vapeurs d'huile, climatisé ou au moins dont la température est régulée, surtout pendant les grandes chaleurs.

de 30 ans, entre les années 90 où le client retournait les pièces hors cotes et le début du XXI^e siècle avec l'arrivée des premiers outils de mesure de précision. À partir de 2010, un changement dans les mentalités ainsi que des procédures de mesures rassurent le client. « Pour ces tâches de mesures, on passe de la sous-traitance dans les ateliers à une formation de spécialistes dans des cellules climatisées » explique Antonio Legaz, directeur de l'entreprise – qui est en train de se mettre en conformité avec la norme ISO 9001 –, mais ce ne sont pas uniquement ces procédures qui tranquilisent les professionnels du terrain. ■

L'Institut fédéral de métrologie (METAS)

L'Institut fédéral de métrologie (METAS) est le centre de compétences de la Confédération pour toutes les questions relatives à la métrologie, aux instruments de mesure et aux méthodes de mesure.

À ce titre, il est chargé de veiller à l'exactitude des mesures réalisées en Suisse pour répondre aux attentes de l'économie, de la recherche et de l'administration. Il assume son mandat en collaboration avec les laboratoires de vérification, les cantons et leurs vérificateurs s'agissant de la métrologie légale,

ou encore avec ses instituts désignés, s'agissant de la diffusion des unités.

Le METAS est à la pointe de l'exactitude en matière de mesures en Suisse. Il élabore les bases de mesure nationales (réalisation physique, comparaison internationale et reconnaissance mutuelle des unités de mesure). Dans ce but, il exploite des laboratoires et réalise les travaux de recherche et de développement. Son siège est situé à Wabern, près de Berne, dans la commune de Köniz.

Contact

■ CNIP
Centre Neuchâtelois
d'Intégration Professionnelle
CH-2108 Couvet
Tél. +41 32 889 69 25
www.cnip.ch



Informatique & Télécommunication

Une acquisition dans le secteur informatique romand

Au mois de septembre dernier, le groupe romand ANSAM, fournisseur de services informatiques, a annoncé le rachat de l'entreprise valaisanne BIP informatique basée à Sion, spécialisée dans la cybersécurité et la revente de matériels et de licences informatiques. Déjà présent en Valais, ainsi que dans les cantons de Vaud et Genève, ce groupe entend renforcer sa présence dans la région, grâce à cette acquisition.

« En combinant les compétences des collaborateurs de BIP informatique, qui dispose d'une clientèle de qualité, avec l'approche entrepreneuriale et l'expérience d'ANSAM, nous nous donnons toutes les chances d'accélérer notre croissance en Valais », a déclaré Nicolas Fulpius, directeur du groupe, qui précise : « Nous allons aussi profiter de cette présence locale renforcée pour développer un centre régional pour les petites entreprises avec les offres de notre filiale Idros », ajoute-t-il. L'entreprise informatique Idros s'est spécialisée dans les services aux très petites entreprises employant jusqu'à 20 collaborateurs.

Fondé en 2020 par un groupe d'entrepreneurs, le groupe ANSAM se présente comme l'un des leaders dans le domaine des services informatiques en Suisse romande. Il sert les entreprises romandes localement avec des prestations de conseil, de réalisation et d'opérations. Il s'est donné pour mission de mettre l'intelligence artificielle au service des entreprises. Basé à Nyon, il emploie plus de 200 collaborateurs dans ses bureaux de Chexbres, Genève, Nyon et Sion.

Une levée de fonds réussie pour une jeune pousse de l'EPFL

Issue du Laboratoire pour la sécurité des données de l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL), la jeune pousse Tune Insight a annoncé, le 20 septembre dernier, avoir conclu une levée de fonds de 3,4 millions de dollars, avec l'aide de la Banque cantonale de Zurich, ainsi que de plusieurs sociétés de capital-risque.

Spécialisée dans l'informatique cryptée pour l'analyse collective et l'apprentissage automatique, cette jeune entreprise espère élargir son champ d'activité en Europe et aux États-Unis dans les secteurs de l'industrie pharmaceutique, de la cybersécurité, ainsi que de la finance, notamment. Les montants levés seront aussi utilisés pour renforcer ses équipes de vente et de marketing.

La technologie mise au point par Tune Insight est actuellement utilisée par le CHUV à Lausanne, l'Hôpital de l'Île de Berne, ainsi que l'hôpital universitaire de Zurich (USZ). Elle permet de partager des données confidentielles en les protégeant de toute exposition indésirable.

Énergie & Environnement

Le plus puissant parc solaire au sol de Suisse

En présence du conseiller fédéral Albert Rösti, notamment, le plus puissant parc solaire au sol de Suisse a été inauguré le vendredi 8 septembre dernier sur le site de la raffinerie de Cressier, dans le canton de Neuchâtel, propriété de la société Varo, spécialisée dans le raffinage, le stockage et la fabrication de produits pétroliers, dont le siège social est située à Cham dans le canton de Zoug.

Développé conjointement avec le producteur et distributeur d'électricité Groupe E, basé à Granges-Paccot, dans le canton de Fribourg, ce parc, d'une superficie de 47 000 m², comprend 19 000 panneaux photovoltaïques capables de produire annuellement quelque 8,4 GWh, de quoi répondre aux besoins de deux mille ménages. Une centrale de chauffage à distance, utilisant la chaleur excédentaire de la raffinerie, a également été mise en service le même jour, au profit des communes de la région.

Selon le communiqué conjoint des sociétés Varo et Groupe E, 5 % de la surface du parc seront consacrés à des innovations technologiques sous la houlette du Centre suisse d'électronique et de microtechnique (CSEM), basé à Neuchâtel, dont les chercheurs examineront la possibilité d'augmenter la production d'électricité, tout en réduisant les coûts d'entretien.

Un plaidoyer européen pour l'énergie éolienne

Lors de son discours sur l'état de l'Union, prononcé devant les euro-députés réunis le mercredi 13 septembre dernier à Strasbourg, la présidente de la Commission européenne, Ursula von der Leyen, s'est engagée à soutenir davantage l'industrie éolienne européenne, qu'elle a qualifiée de « success story » remarquable. Depuis la construction des premiers parcs éoliens dans les années 1980, l'énergie produite à partir du vent fourni aujourd'hui quelque 17 % de la consommation totale d'électricité en Europe, a-t-elle précisé.

Et elle déclare : « Le secteur de l'éolien est actuellement confronté à un ensemble unique de défis. C'est pourquoi nous présenterons un paquet européen sur l'énergie éolienne, en étroite collaboration avec l'industrie et les États membres ». La présidente de la Commission européenne s'est engagée à accélérer davantage encore l'octroi de permis de construire et à améliorer les systèmes de vente aux enchères dans l'ensemble des pays de l'UE. Elle souhaite également promouvoir la recherche et faciliter l'accès au financement, tout en assurant la stabilité des chaînes d'approvisionnement.

Ursula von der Leyen a par ailleurs insisté sur le fait que la transition verte devait se faire dans le cadre d'une concurrence équitable. Elle a annoncé l'ouverture d'une enquête sur les subventions publiques chinoises aux automobiles électriques pour défendre l'industrie européenne face à des prix artificiellement bas.

Le marqueur de l'inflammation cérébrale enfin décodé

Une équipe internationale co-dirigée par l'UNIGE et les HUG annonce être parvenue à décoder la seule protéine permettant d'identifier les inflammations cérébrales. Cette découverte ouvre de nouveaux champs de recherche dans la compréhension des mécanismes des maladies neurodégénératives et psychiatriques.

Une équipe internationale réunissant des chercheurs de l'Université de Genève (UNIGE), des Hôpitaux Universitaires de Genève (HUG), de l'Imperial College de Londres et de l'Amsterdam University Medical Centers (UMC), a enquêté sur une protéine-marqueur ciblée par l'imagerie médicale afin de révéler les inflammations cérébrales. Les scientifiques ont découvert que sa présence en grandes quantités va de pair avec une surabondance de cellules inflammatoires. Elle n'est cependant pas un signe de leur suractivation.

Publiés dans la revue de référence *Nature Communications*, ces résultats, selon leurs auteurs, ouvrent la voie à une meilleure observation des processus neuro-inflammatoires, ainsi qu'à une relecture des précédentes études sur le sujet.

Un lien avec l'apparition de maladies neurodégénératives

L'inflammation est une réaction de défense naturelle déclenchée par le système immunitaire. Elle permet à nos cellules de lutter contre les agressions, comme une blessure ou une infection, par exemple. Mais cette réaction peut aussi s'emballer et favoriser l'apparition de graves pathologies. Lorsqu'elle se produit dans le cerveau – on parle alors de neuro-inflammation – cette suractivation peut contribuer à l'apparition de maladies neurodégénératives, telles que la maladie d'Alzheimer, la maladie de Charcot, la sclérose en plaques, ou psychiatriques comme la schizophrénie, les troubles bipolaires ou la dépression.

Dans le cerveau, parmi les cellules responsables de l'inflammation et de son potentiel emballement, figurent les cellules microgliales qui forment la microglie constituant le premier niveau de défense contre les agents pathogènes, contribuant aux réponses immunes, ainsi qu'à la réparation tissulaire. Elles peuvent s'activer en cas de dysfonctionnement, phagocyter des cellules ou des protéines pathologiques et même produire des substances protectrices.

Actuellement, en imagerie médicale, un seul marqueur permet de localiser et de mesurer

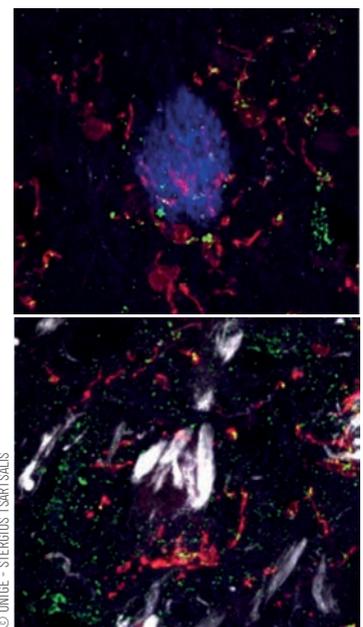
la microglie de manière non invasive et *in vivo*. Il s'agit de la protéine TSP0, présente dans ces cellules. Cette protéine s'observe par tomographie par émission de positons (TEP), une technique d'imagerie qui repose sur l'injection intraveineuse d'un dérivé du glucose faiblement radioactif.

« Des centaines d'études se sont appuyées sur l'observation de cette protéine par TEP, pour explorer et quantifier la microglie. Cependant, aucune étude n'est parvenue à interpréter précisément la signification de sa quantité dans le contexte d'une réaction inflammatoire », explique Stergios Tsartsalis, chef de clinique scientifique au Département de psychiatrie de la Faculté de médecine de l'UNIGE. Une grande quantité de TSP0 correspond-elle à une quantité importante de cellules inflammatoires? Est-elle le signe de leur suractivation? C'est précisément ce que les scientifiques ont cherché à savoir.

La présence de protéines TSP0

L'équipe de chercheurs a analysé des cerveaux de souris-modèle de la maladie d'Alzheimer, de la maladie de Charcot et de sclérose en plaques, ainsi que des échantillons de cerveaux post mortem de patients ayant souffert des mêmes pathologies. « Nous avons découvert qu'une densité importante de protéines TSP0 est bien un indicateur d'une grande densité de microglie. En revanche, l'observation de TSP0 ne permet pas de dire si les cellules inflammatoires sont suractivées ou non », constate le chercheur de l'UNIGE.

Les auteurs de l'étude estiment que leur découverte souligne l'intérêt de l'imagerie médicale de TSP0 pour identifier les cas où les maladies neuro-inflammatoires sont liées à une dérégulation du nombre de cellules gliales. De plus, ils indiquent avoir identifié deux marqueurs de l'état d'activation de la microglie chez l'homme – les protéines LCP2 et TFEC –, qui ouvrent la voie à de nouvelles approches d'imagerie médicale. « Ces résultats constituent un pas de plus pour la compréhension du rôle de la microglie dans la neuro-inflammation. Ils vont permettre d'orienter de manière optimale les futures études, mais aussi de revoir les conclusions des recherches précédentes », souligne Stergios Tsartsalis.



La protéine TSP0 (en vert) a été quantifiée dans la microglie (en rouge) à proximité des lésions caractéristiques de la maladie d'Alzheimer, des plaques amyloïdes (en bleu) et des lésions pTau (en blanc), dans des échantillons post mortem de cerveaux humains.

Conjugée avec l'important développement de l'imagerie moléculaire à l'UNIGE et aux HUG, cette étude, soutenue par le Fonds national suisse et par la Fondation Prof Dr Max Cloëtta à Zurich, pose les bases d'une observation performante des mécanismes immunitaires des maladies neurologiques et psychiatriques au sein des deux institutions genevoises et au-delà. ■

Contact

■ UNIGE
Stergios Tsartsalis
Chef de clinique scientifique
Département de psychiatrie
Faculté de médecine
CH-1205 Genève
Tél. +41 79 553 66 27
www.unige.ch



L'importance du bien vivre au travail pour favoriser la rétention des talents

Cedric Favre

Un nouveau type de bâtiment a vu le jour dernièrement dans la région de Tolochenaz (Vaud). Bien plus qu'un concept d'espaces industriels novateurs, BEEZI est une réponse aux enjeux clés concernant les conditions de travail actuelles dans l'industrie face aux attentes des collaborateurs et à la transformation des modes d'organisation. Une révolution nécessaire pour remettre l'humain et son bien-être au centre des préoccupations, afin de permettre aux entreprises d'attirer de nouveaux talents et de retenir les meilleurs. Ce nouveau concept offre en effet de nouvelles prestations dans l'industrie, entièrement numérisées et organisées autour d'espaces partagés et de services mutualisés. *La Revue POLYTECHNIQUE* était présente.

Près de la moitié des sites industriels suisses ont plus de 40 ans et ne sont plus adaptés, plus efficaces ou plus en adéquation avec les besoins de l'économie et les attentes de la nouvelle génération. Les entreprises industrielles peinent à trouver des surfaces appropriées pour déployer leurs activités et attirer de nouveaux talents. La rétention des collaborateurs est devenue un défi majeur pour beaucoup d'entreprises qui n'ont pas encore su s'adapter.

Selon l'Office fédéral de la statistique, entre début 2021 et fin 2022, le taux de postes vacants dans les entreprises du secteur secondaire a augmenté de près de 60 % - 85 millions de postes industriels seront vacants dans le monde d'ici à 2030 faute de main d'œuvre qualifiée. Dès lors, en plus de proposer des postes attractifs, maintenir et attirer de nouveaux talents dépendra en grande partie de la qualité de l'environnement de travail qui leur sera proposé.

Un changement profond des usages dans le monde du travail est déjà observé. D'après une étude du Boston Consulting Group, 66 % des travailleurs âgés entre 25 et 35 ans souhaitent quitter leur entreprise dans les deux ans, pour cause de mauvaise gestion ou par manque de flexibilité. Par ailleurs, un membre sur trois de la génération Z (moins de 25 ans) ne souhaite pas devenir cadre.

Ce n'est plus le jeune qui est fier d'être employé dans une entreprise, mais le contraire

Une forte inadéquation est donc à constater entre ce que les entreprises offrent aux employés et ce que ceux-ci attendent aujourd'hui de leur employeur. En effet, les jeunes générations ont entamé une remise en question profonde de leur rapport au

« Le bureau se transforme pour devenir un lieu d'expérience et de socialisation »

monde du travail - un véritable changement de paradigme.

« On tend à qualifier la génération Z de "consommériste, narcissique, rebelle, remettant en cause l'autorité, zappeur..." Il est nécessaire de dépasser ces clichés et d'identifier les spécificités des comportements des jeunes, en les analysant d'un point de vue sociétal pour mieux comprendre leur nouveau rapport au travail (quête de sens, besoin de liberté, besoin de cocréer, besoin d'au-

thenticité ou encore besoin de lien social). Ce n'est qu'en les comprenant que les industries pourront judicieusement adapter leurs politiques de direction pour tirer profit de ce que les Z ont de mieux à offrir, dans et hors du lieu de travail », commente Elodie Gentina, professeur à IESEG School of Management, experte de la génération Z.

L'avenir de l'industrie est collectif

Le nouveau bâtiment offre à tout type d'entrepreneur, industriel, artisan ou jeune pousse, les meilleures conditions pour faire évoluer ses projets dans un environnement stimulant qui favorise les échanges et les synergies.

L'objectif visé est d'« amener la maison au travail », par opposition au télétravail, qui amène le bureau à la maison. La qualité et la variété des espaces correspondent à ce que l'on pouvait trouver jusqu'à aujourd'hui uniquement chez les plus grands acteurs de l'industrie numérique.



Des îlots de verdure pour inciter au dialogue, au calme.

Le monde numérique au cœur du concept

Les utilisateurs disposent d'un environnement numérique complet, grâce à la collaboration avec la société Technis, spécialisée dans l'équipement de bâtiments intelligents. L'ensemble du complexe BEEZI de Tolochenaz est équipé de capteurs mesurant, pour chacun des sous-espaces (bureaux, restauration, salles de conférence, de sport, etc.), l'affluence, la qualité de l'environnement (CO₂, particules fines, etc.) et la consommation d'énergie.

Grâce à l'application BEEZI Insight, ces données permettent à chaque locataire, de mesurer et gérer sa consommation d'énergie et de contrôler la qualité de l'environnement dans les surfaces qu'il occupe (CO₂, température, humidité, luminosité). Cette technologie offre ainsi à chaque entreprise locataire la possibilité d'optimiser l'utilisation de ses surfaces, sa consommation d'énergie, et donc son empreinte environnementale. Elle peut également être en contact direct avec le gestionnaire du bâtiment et générer automatiquement des rapports et des analyses ESG sur sa consommation.

Pour les mesures et le comptage, le bâtiment dispose de nombreux capteurs :

- 15 capteurs 3D pour le comptage des personnes, l'analyse des flux et la mesure de l'occupation des espaces.
- 43 capteurs environnementaux pour mesurer les niveaux de CO₂, les particules fines, la température, l'humidité relative, la luminosité, le bruit, la pression atmosphérique et les composés organiques volatils.

La première génération numérique post-moderne

En 2023, Instagram est sacré le réseau social préféré de la Gen Z pour la cinquième année consécutive, avec 90 % d'utilisateurs entre 16 et 25 ans. Snapchat, un réseau social de partage d'audio et de vidéos, en croissance exponentielle, correspond à une génération impulsive, impatiente et « zappeuse ». La dernière marche du podium est occupée par TikTok pour la deuxième année consécutive, qui a ainsi exclu Facebook du trio de tête. Le réseau social chinois est utilisé par 63 % des 16-25 ans, et plus particulièrement par les femmes (71 % de femmes contre 55 % d'hommes).

C'est également ce qu'on appelle une génération post-matérialiste, déplaçant la fidélité d'entreprise vers une fidélité sociale. Trois jeunes sur quatre

Une deuxième application mobile

La deuxième application, BEEZI Connect, permet aux utilisateurs du site d'accéder à l'ensemble de l'écosystème de services et de ressources de la communauté, individuels ou mutualisés, pratiques et personnalisés : réserver des salles de réunion ou de sport, se tenir informé des événements à venir, des actualités et également interagir avec le reste de la communauté.

« Nous croyons fermement que la numérisation est un élément clé à plusieurs niveaux, permettant d'obtenir des données chiffrées et actionnables quant à la qualité de l'environnement de travail et à la consommation d'énergie du bâtiment. Grâce à cet accès à l'information, il est possible aux entreprises locataires d'optimiser leur utilisation des espaces et d'améliorer les conditions de travail de leurs collaborateurs. Sans la numérisation, nous avançons dans le noir, comme c'est encore le cas dans la plupart des bâtiments, industriels notamment », a déclaré Diana Oblak, directrice de Stoneweg Suisse.

La communauté BEEZI se développe

La société Stoneweg prévoit de s'implanter dans quatre autres centres, dans le canton d'Argovie au deuxième trimestre 2024, puis dans les cantons de Genève, de Berne et de Thurgovie au premier trimestre 2025. Avec des bâtiments entiers ou uniquement des espaces partagés au sein de bâtiments existants, le concept visera partout les mêmes objectifs d'amélioration des conditions de vie au travail. ■

considèrent la bonne ambiance de travail comme une priorité. Ils attendent de l'entreprise qu'elle contribue à leur épanouissement personnel. La moitié des jeunes Suisses déclarent être capables de quitter leur employeur du jour au lendemain. Quarante-quatre pour cent resteront moins de deux ans dans leur poste et deux sur trois, qui travaillent, cherchent un autre emploi !

De nombreux jeunes – quatre sur cinq – attendent de l'entreprise qu'elle fournisse un espace de travail propice aux échanges, à la prise de décision sans lien hiérarchique. Quarante-deux pour cent d'entre eux n'ont pas confiance en l'avenir (changement climatique et hausses du coût de la vie) et sont deux fois plus susceptibles de signaler un problème de santé mentale.

Données pratiques

Caractéristiques de BEEZI Tolochenaz

Surfaces privées sur-mesure dès 140 m², dont 1000 m² de surfaces mutualisées et de 10 000 m² d'espaces locatifs

Accès libre aux espaces communs aménagés

Accès aux services à la demande (administration, événementiel, mise en relation, etc.)

1600 panneaux photovoltaïques

Grande capacité de charge au sol (jusqu'à une tonne) et de charge utile

Grande hauteur sous plafond

Accès de plain-pied possible, par porte sectionnelle

Quatre patios végétalisés (îlots de verdure)

Offre de nourriture et boissons originale et variée

WIFI sécurisé et fibre optique

Accès à tous les centres BEEZI en Suisse (à venir)

À propos de BEEZI

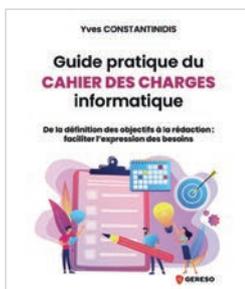
BEEZI est la première chaîne d'espaces industriels de nouvelle génération pensée et développée par la société Stoneweg SA, une plateforme internationale d'investissement immobilier et gestionnaire d'actifs créé en 2015, dont le siège est situé à Genève. Présent dans sept pays (Suisse, États-Unis, Espagne, Royaume-Uni, Irlande, Andorre et Italie), comptant plus de 140 collaborateurs, Stoneweg a effectué pour plus de cinq milliards de francs d'investissements immobiliers dans différents secteurs, anticipant les tendances et focalisant son activité sur l'innovation en matière d'investissement immobilier.

Contact



■ Stoneweg
CH-1204 Genève
Tél. +41 22 552 40 30
www.stoneweg.com

Bibliographie



Guide pratique du cahier des charges informatique

Yves Constantinidis, GERESO Éditions, 173 pages

Aujourd'hui, près de deux tiers des projets logiciels ne répondent pas de façon efficace aux attentes des clients et des utilisateurs. La principale raison de ces échecs est l'incompréhension entre client et fournisseur : les uns ont du mal à exprimer leurs besoins et les autres ont des difficultés à les comprendre.

Une solution? Un cahier des charges bien construit. Cet ouvrage propose une démarche claire et logique pour l'élaborer, avec des outils simples et faciles à utiliser. L'auteur propose des techniques, des modèles et des listes de contrôle utilisables par tous pour aider à recueillir, analyser et spécifier les besoins. Aboutir à un document clair, correct, complet, concis et cohérent permettra de faciliter la communication entre parties prenantes et d'assurer la réussite des projets logiciels.



Manager la génération Z

Elodie Gentina, Dunod, 192 pages

La génération Z (celle née entre 1995 et 2010) représente aujourd'hui un tiers de la population mondiale. Connectée, agile et porteuse d'une nouvelle vision du monde, elle exprime des préoccupations fortes, complexes et parfois contradictoires.

Désormais sur le marché du travail, elle est devenue une priorité stratégique pour les entreprises.

Faut-il réinventer les codes de la direction ou adapter la culture d'entreprise et ses pratiques? Comment capitaliser sur le potentiel de ces jeunes talents, dont l'engagement est souvent volatil?

Sans tomber dans le piège des clichés générationnels, Elodie Gentina offre un éclairage nuancé sur les modes de consommation des Z qui influent sur leur relation à l'environnement de travail. Sa double approche sociétale et de gouvernance est illustrée de paroles d'experts (sociologues, philosophes, pédopsychiatres, pédiatres). Plus d'une cinquantaine de DRH et dirigeants d'entreprise témoignent du rapport des Z au travail.



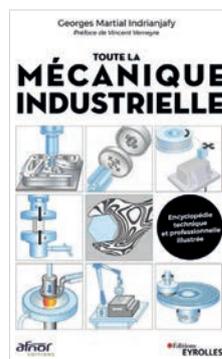
La Révolution Multivers : Le jumeau numérique au cœur du renouveau industriel européen

Florence Verzelen, Éditions Hermann, 126 pages

Plus qu'à une quatrième révolution industrielle, nous assistons à une révolution multivers qui bouleverse en profondeur le quotidien des entreprises et des citoyens. Les progrès fulgurants de l'intelligence artificielle, des métaverses et des jumeaux numériques repoussent les frontières du possible dans des domaines aussi différents que la médecine du futur, la conquête spatiale, les villes intelligentes, l'informatique quantique ou la transition écologique.

Alors que l'avènement d'Internet et du Web 2.0 avaient coïncidé avec une numérisation de nos existences, la révolution multivers renverse cette tendance. Grâce aux nouveaux outils de simulation, nos sociétés vont enrichir la maîtrise de leur environnement, étendre le champ des connaissances et optimiser la gestion des ressources disponibles. C'est à la confluence de la sphère numérique et de l'univers physique que se situent toutes ces innovations qui serviront à améliorer le monde réel. À condition d'effectuer les bons choix et les investissements adéquats, l'Europe peut devenir un pôle leader de ce changement de paradigme.

Le Vieux Continent a même l'occasion de proposer une alternative aux modèles technologiques chinois et américains en misant davantage sur les énergies propres, la santé, l'éducation et le bien-être individuel. Au moment où les enjeux de souveraineté et d'autonomie stratégique revêtent une importance cruciale, il est urgent d'accélérer ces mutations qui seront non seulement profitables à la compétitivité de notre économie, mais aussi à la vie des citoyens européens.



Toute la mécanique industrielle

Georges Martial Indrianjajy, Éditions Eyrolles, 906 pages

Dictionnaire illustré de la terminologie professionnelle appliquée à la mécanique industrielle, cet ouvrage présente, par ordre alphabétique, la totalité des termes appliqués au secteur de la production mécanique industrielle, dont les matériaux et les méthodes. Les entrées, accompagnées de leur traduction anglaise et des indications lexicographiques utiles (nom, verbe, adjectif) sont pour la plupart illustrées d'un dessin, d'un schéma, d'une courbe ou d'un tableau.

Un salon professionnel couronné de succès

Cedric Favre

Le salon SINDEK, leader dans le domaine de l'automatisation industrielle, s'est tenu du 5 au 7 septembre derniers dans les halles de BERNEXPO. L'édition de cette année a enregistré une croissance réjouissante par rapport à celle de l'année dernière. Pendant les trois jours du salon, l'organisateur BERNEXPO a compté plus de 240 exposants et plus de 9500 visiteurs. Sous la devise «Smart up your automation», cette sixième édition s'était fixé pour objectif de présenter des solutions permettant de faire progresser l'automatisation et la numérisation, d'augmenter la productivité et la compétitivité et de réussir à devenir durable.

Pendant les trois jours du salon SINDEK, plus de 240 exposants et quelque 9500 visiteurs se sont retrouvés sur place. David von Büren, directeur du salon, s'est montré satisfait de l'intérêt suscité par ce salon professionnel, ainsi que de la qualité et du nombre élevés des exposants : « Nous sommes très satisfaits de l'édition de cette année de SINDEK et tirons un bilan positif. Par rapport à l'édition précédente, nous avons pu attirer deux fois plus d'exposants et renforcer ainsi notre position de leader suisse dans le domaine de l'automatisation industrielle. Des innovations passionnantes et les toutes dernières tendances ont été proposées au public spécialisé venu de toute la Suisse », a-t-il déclaré.

La cérémonie d'ouverture a débuté par un discours en vidéo du conseiller fédéral Guy Parmelin, qui a souligné : « Avec les thèmes clés Technology meets sustainability et Ecosystem - The future key to success, le salon de cette année est dans l'air du temps. »

Le retour des exposants est également positif. Holger Hanau, directeur des ventes de Festo AG, s'exprime : « Les visiteurs sont intéressés par la durabilité. Il est remarquable de constater à quel point ce thème est présent, non seulement à notre stand, mais aussi dans toute la halle d'exposition. Les visiteurs du salon souhaitent se confronter activement avec la durabilité ou l'économie circulaire, afin de jouer un rôle d'avenir dans la thématique de la durabilité ».

Programme-cadre attrayant et espaces d'exposition spéciaux

Les éléments de programme du forum du SINDEK ont suscité de l'intérêt. Les conférences du journaliste économique Jens Korte, alias « Mister Wall Street », d'Anita Eckardt de l'Implemia Executive Com-



mittee, ainsi que du professeur Roland Siegwart, directeur de l'Autonomous Systems Lab à l'École polytechnique fédérale de Zurich et de l'entreprise « Cargo sous Terrain » ont été particulièrement captivantes.

Avec son sens de la réalité et sa vision consistant à toujours motiver les collaborateurs, Thomas H. Zurbuchen, professeur de sciences et technologies spatiales à l'École polytechnique fédérale de Zurich et ancien directeur de recherche de la NASA, a fasciné l'ensemble du public à l'occasion d'un « Fireside-Chat ». Les contributions des exposants ont également été très appréciées et ont attiré de nombreux visiteurs. Avec des thèmes allant des « Systèmes de transport intelligents pour des processus de fabrication précis » à « L'industrie 4.1: résiliente ou durable? », les visiteurs avaient l'embarras du choix.

En outre, le SINDEK proposait des espaces d'exposition spéciaux, tels que swissRobotics.net, swissSensor.Market, SwissMechatronic, Electronic City ou Virtuelle Fabrik, consacrés à divers thèmes d'actualité. Les apprentis également disposaient d'une tribune dans le cadre des IndustrySkills. Olivier Habegger, responsable marketing événementiel et Olympiades des métiers chez Swissmem, a parlé avec un enthousiasme de la relève prometteuse de la Suisse : « Ceci est une bonne préparation à l'Olympiade des métiers. Les

jeunes talents ne sont pas seulement préparés sur le plan technique et mental, ils sont également formés en technologie des médias ». Il attend avec impatience les prochaines Olympiades et espère en toute confiance de nombreuses médailles pour la Suisse.

La réussite grâce à des partenariats importants

En tant qu'organisateur du SINDEK, BERNEXPO s'appuie sur des partenariats solides. À cet égard, les associations porteuses SwissT.net, GOP et les partenaires associatifs Swissmem, SMZ, asut et procure.ch. jouent un rôle essentiel. René Brugger, président de SwissT.Net, déclare : « En Suisse, le SINDEK est devenu un salon de la technologie et de l'automatisation par excellence. Nous le remarquons clairement, nous avons rarement reçu autant d'encouragements de la part des associations, de la politique, ainsi que de la presse. »

Les partenaires Premium comme Siemens ou les partenaires de soutien comme Baumer ont contribué au succès du SINDEK 2023. ■

Prochaine édition

■ du 2 au 4 septembre 2025
sur le site de Bernexpo.



Informations pratiques

■ **Dates de la manifestation :**
Du 28 au 30 novembre 2023

■ **Lieu de l'exposition :**
Parc des Expositions
ZAC Paris Nord 2
Halle 7
F-93420 Villepinte

■ **Heures d'ouverture :**

Ma	9 h à 20 h
Me	9 h à 18 h,
Je	9 h à 17 h,

■ **Internet :**
www.world-nuclear-exhibition.com/fr-fr.html



Le salon mondial du nucléaire civil

La cinquième édition du salon WNE, qui ouvrira ses portes du 28 au 30 novembre prochains au Parc des expositions de Paris Nord-Villepinte, rassemblera les plus grands acteurs du nucléaire civil. Cet engouement témoigne des opportunités et des bénéfices qu'offre cette technologie.

L'écosystème du World Nuclear Exhibition 2023 est diversifié, comprenant des secteurs tels que l'exploitation minière, les services publics, la gestion des déchets, la logistique, le numérique... La gamme d'opportunités d'emploi est vaste et le niveau d'expertise et de formation peut varier d'un niveau à l'autre, offrant un important potentiel à ceux qui sont intéressés à rejoindre l'industrie nucléaire et à progresser en son sein. Les organisateurs collaborent avec les acteurs de l'industrie, les groupes, les associations et les experts du secteur pour proposer une immersion dans le monde du nucléaire. Les thèmes attractivité, emploi et formation seront largement traités.

Le plan d'exposition est déjà disponible, avec les mécènes, les dirigeants du secteur, ainsi que les pavillons nationaux.

Au programme :

- **Le WNE Innovation Awards**, une cérémonie qui vise à mettre en valeur les acteurs clés de l'industrie du nucléaire civil qui ont démontré leur excellence et leur innovation dans différents domaines. C'est l'occasion de reconnaître les réalisations remarquables de l'industrie et de promouvoir l'innovation dans cette filière. Savoir-faire, maîtrise, agilité et innovation sont les maîtres-mots qui incitent la filière du nucléaire civil à s'orienter vers un monde plus responsable et moins carboné.
- **Le WNE Startup Program** vise à soutenir les entrepreneurs de la filière du nucléaire civil en leur offrant une visibilité et une expérience d'affaires unique pendant le salon. Les vingt jeunes pousses sélectionnées seront

mises en avant dans le programme officiel du salon à travers :

- Un programme d'encadrement pour les aider à affiner leur projet, trouver des partenaires et gagner en visibilité au sein de la communauté du nucléaire civil et des médias. Des rendez-vous seront organisés pendant les trois jours avec des leaders de l'industrie, des experts, des investisseurs et des entrepreneurs.
- Un stand sur le Startup Village au cœur du salon
- L'opportunité de remporter le prix « Coup de cœur », décerné par un vote en ligne du public
- **Le WNE Gala Dinner** qui offre l'opportunité de consolider les relations professionnelles, aura lieu le 27 novembre 2023, la veille du salon.

L'énergie nucléaire dans le monde

L'énergie nucléaire contribue pour environ dix pour cent à la production mondiale d'électricité. Fin 2022, le parc nucléaire mondial comptait 438 réacteurs. Sur les 33 pays qui exploitent des centrales nucléaires dans le monde entier, treize, dont la Suisse, couvrent plus d'un quart de leurs besoins en électricité grâce aux centrales nucléaires. Sur les 36 nations de l'OCDE, 19 produisent de l'électricité nucléaire. Dans neuf de ces pays, la part de cette énergie est d'environ 30 %, la moyenne des pays de l'OCDE se situant autour de 18 % (données de 2021). Au sein de l'Union européenne, la part moyenne du nucléaire s'établit à 25 %.

Six nouvelles tranches ont été connectées au réseau en 2022 et cinq ont été définitivement mises à l'arrêt. L'an dernier, ce sont les États-Unis qui ont produit le plus

d'électricité nucléaire, grâce à leurs 92 installations – dont deux sont en construction –, devant la Chine avec ses 55 réacteurs, la France (56 réacteurs) et la Russie (37 réacteurs).

Depuis la catastrophe de Fukushima, dix des 33 réacteurs japonais, qui ont été soumis, avec succès, à la procédure renforcée de remise en service, sont à nouveau en fonctionnement. Parmi eux, sept bénéficient déjà d'une autorisation de remise en service. Par ailleurs, pour dix autres installations, l'inspection de sécurité en vue de la remise en service est terminée. Et deux installations sont en construction.

Contrairement à la Suisse et à l'Allemagne, laquelle souhaite arrêter au printemps 2023 ses trois derniers réacteurs en fonctionnement, la plupart des autres pays disposant de l'énergie nucléaire continuent d'investir dans cette technologie qui préserve les ressources et l'environnement. Ainsi, fin 2022, 57 centrales nucléaires étaient en construction dans le monde, dont 18 en Chine, et plus de 100 étaient en projet. ■

L'intégralité de cet article se trouve sous :



www.kernenergie.ch/fr/l-energie-nucleaire-dans-le-monde-content--1-1071.html

Recherche approfondie au PSI

L'Institut Paul-Scherrer (PSI), une institution du Domaine des EPF, calcule et compare depuis des années les charges sur l'environnement et la santé des diverses techniques de production d'électricité dans des conditions réelles, en Suisse et dans le réseau européen d'interconnexion électrique. Les chaînes énergétiques sont considérées ici « de A à Z » (analyses dites « Life Cycle Assessment »). Pour l'énergie nucléaire, cela signifie que toutes les phases de production sont intégrées dans les bilans, depuis l'extraction du minerai d'uranium et la fabrication du combustible jusqu'à la construction des centrales, au démantèlement des installations et à l'évacuation des déchets

radioactifs dans des dépôts géologiques profonds.

Les scientifiques du PSI se fondent ici sur la banque de données « ecoinvent », créée par le PSI, les EPF de Zurich et Lausanne, l'Empa, et l'Agroscope – le plus gros recueil mondial de données pour des *Life Cycle Assessments*. Les résultats du PSI ont été publiés dans des revues scientifiques connues et certifiées par des experts internationaux. Les données sont accessibles au niveau mondial et soumises ainsi à une analyse critique constante.



www.psi.ch/lea (en anglais)



Le service des problèmes est ouvert à tous les lecteurs. Certains problèmes peuvent avoir plusieurs solutions. Ces dernières seront données dans le prochain numéro. Un prix sera remis à l'une ou à l'un d'entre vous qui enverra les trois bonnes réponses à : marketing@polymedia.ch.

La finale du concours les Jeux mathématiques et logiques a eu lieu à fin août à WROCLAW en Pologne. Les Suisses se sont bien défendus, car ils ont obtenu quatre médailles d'or sur huit !

Alors voici trois des problèmes de cette finale.

Problème N° RP2023-10-a

Cryptarithme

Dans ce cryptarithme, une même lettre remplace toujours le même chiffre et un même chiffre est toujours remplacé par la même lettre.

De plus, le premier chiffre d'un nombre à plusieurs chiffres ne peut être un zéro.

Que vaut WROCLAW ?

$$\frac{WROC}{LAW} = \frac{4}{3}$$

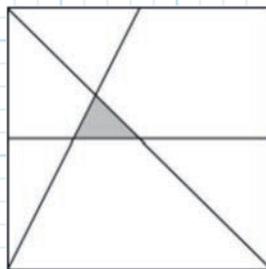
Problème N° RP2023-10-b

Le jardin de Mathias

Mathias a un jardin carré traversé par trois ruisseaux, comme sur le dessin.

Les ruisseaux entrent et sortent du jardin, soit par un sommet, soit par le milieu d'un côté. Mathias fait son potager dans le petit triangle entre les trois ruisseaux.

Sachant que son potager fait 10 m², quelle est en m² l'aire du jardin de Mathias ?



Problème N° RP2023-10-c

De 1 à 23



En utilisant un ou plusieurs de ces six jetons, Mathias peut former différents nombres, par exemple :

$$\begin{aligned} 1 &\rightarrow 1 \\ 2 \ 3 &\rightarrow 23 \\ 1 \ 4 \ - \ 3 &\rightarrow 11 \end{aligned}$$

Combien de nombres entre 1 et 23 ne pourra-t-il pas former ?

Note : On ne dispose que d'un seul exemplaire de chaque jeton.

Solutions des problèmes de la série RP2023-9

Problème N° RP2023-9-a

Dans le cadre sont déjà écrites 24 consonnes et 19 voyelles, donc une différence de cinq.

On peut alors vérifier qu'il y a deux solutions possibles en écrivant **SIX** ou **SEPT**

Problème N° RP2023-9-b

Si l'on imagine que le joueur numéro 1 porte le maillot numéro 2, il existe onze possibilités pour que les quatre autres joueurs ne portent pas un maillot correspondant à leur numéro.

1. Le plus petit nombre auto-descriptif est **22**.
2. Il n'existe aucun nombre auto-descriptif à quatre chiffres.
3. Il y a plusieurs nombres de départ qui arrivent au nombre auto-descriptif **21 322 314**, par exemple **1, 2, 3, 4, 11, 12, 13, 14, 21, 23, ...**

4. Le plus petit nombre inférieur à 100 qui donne une boucle est **40**.
5. Outre le 22 qui est un nombre auto-descriptif, on peut arriver à un nombre auto-descriptif en un minimum de **six étapes**.
6. Le plus petit nombre qui demande six étapes est **20**.

Qui cherche... trouve! N°10 8 lettres

La solution du n°9: ENTREPÔT

- | | |
|---------------------|-------------|
| acides | mica |
| acier | nacre |
| acier inoxydable | Or |
| alpaca | papier |
| aluminium | pierre |
| argent | planche |
| argon | plomb |
| bois | pneu |
| bronze | poutrelles |
| cadmium | PVC |
| cellophane | quartz |
| cellulose | raffinage |
| chrome | radium |
| ciments | rare |
| cire | réfractaire |
| cuir | roche |
| cuivre | sel |
| étain | silicium |
| étiré | tube |
| fer | tungstène |
| fil | vernis |
| gravier | verre |
| laiton | xénon |
| laminé | xylène |
| maillechort | xylidine |
| manganèse | ytterbium |
| matières plastiques | yatria |
| membranes | zinc |
| métal | zirconium |

S	E	L	B	A	D	Y	X	O	N	I	R	E	I	C	A	A	M
S	E	L	L	E	R	T	U	O	P	L	A	N	C	H	E	R	S
S	O	U	P	I	E	R	R	E	S	R	E	I	V	A	R	G	T
S	E	L	Q	U	E	N	P	A	P	I	E	R	C	E	E	O	N
B	S	D	M	I	M	N	E	R	M	E	N	I	I	R	R	N	E
M	A	I	I	U	T	U	T	T	A	U	M	R	R	R	A	E	M
O	U	C	L	C	I	S	I	R	S	F	I	O	E	E	R	S	I
L	V	I	E	I	A	N	A	M	O	G	F	N	R	V	I	O	C
P	C	B	B	R	C	D	O	L	D	H	N	I	I	H	U	L	N
Q	U	E	G	R	I	I	E	C	P	A	L	U	N	M	C	U	O
T	U	E	L	U	E	A	U	S	R	S	C	E	T	A	U	L	T
E	N	A	M	L	X	T	T	M	E	I	E	I	L	M	G	L	I
T	H	Z	R	Y	O	E	T	C	T	N	Z	R	E	L	B	E	A
I	O	C	L	T	F	P	N	Y	A	I	A	T	E	R	I	C	L
R	R	E	O	T	Z	E	H	O	I	R	A	G	O	I	A	A	S
E	N	A	C	R	E	T	R	A	N	L	F	N	N	P	T	I	M
E	N	I	D	I	L	Y	X	G	N	I	Z	E	L	A	O	A	E
E	N	I	M	A	L	F	I	L	S	E	N	A	R	B	M	E	M

LES RÈGLES DU JEU

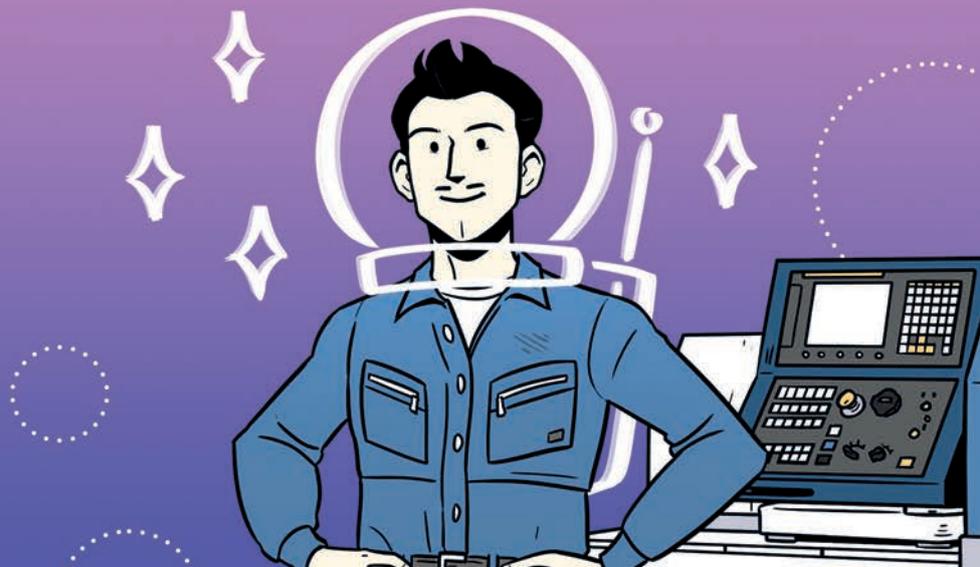
Biffez dans la grille les mots que vous repérez et qui figurent dans la liste. Ces mots pourront être lus horizontalement, verticalement ou en diagonale, de gauche à droite ou inversement.

Tous les mots barrés, il ne vous restera que les lettres formant le mot à trouver.

VISEZ LES ÉTOILES

Osez changer votre avenir professionnel : postulez sur jobwatch.ch!

JOBWATCH.CH
VOTRE PARTENAIRE - HORLOGERIE & MICROTECHNIQUE



Carnet de bord

Un demi-siècle au service de la microtechnique

L'aventure est née en 1973 à Cortaillod, dans le canton de Neuchâtel, un des berceaux de l'horlogerie suisse. Freddy Petitpierre a créé un atelier de micromécanique spécialisée dans la fabrication de composants métrologiques. Très rapidement, la société Petitpierre SA élargit sa clientèle et ses domaines de compétences à la sous-traitance microtechnique, à l'outillage et à l'automatisation en devenant une solide référence dans le domaine exigeant de la sous-traitance horlogère avec une équipe qui compte désormais 70 employés.

Boris Petitpierre contribue activement à cet essor en rejoignant en 1991 l'entreprise créée par son père : « *L'histoire est belle. Elle n'a jamais cessé de s'écrire au rythme de nos succès technologiques et de nos innovations. En fait, nous nous sommes mis à la hauteur des exigences et des ambitions des fabricants de produits finis à la recherche constante de composants proches de la perfection, tant au niveau du choix des matériaux, des dimensions, des états de surface ou de la complexité géométrique. Notre parc de machines et le talent de nos équipes ont fait la différence en répondant à cette exigence du marché. Jusqu'à répondre aux attentes du CSEM à Neuchâtel, qui nous a sollicités plusieurs fois, notamment pour des pièces en titane indispensables à son programme Space-X pour l'exploration de la planète Mars.* »



Vincent Rieder co-directeur de Petitpierre, aux côtés de Boris Petitpierre (à gauche).

Une des meilleures entreprises au monde a un pied en Suisse

Ricoh a été reconnue comme l'une des entreprises les plus performantes à l'échelle mondiale en se basant sur trois critères principaux : la satisfaction des collaborateurs, la croissance du chiffre d'affaires et la durabilité (ESG). Ricoh s'est classée dans le top 35 en ce qui concerne le critère de la durabilité.

Ce nouveau classement annuel a été réalisé par le magazine *TIME* en partenariat avec Statista, un important fournisseur international de données et de classement sur le marché, ainsi qu'avec les consommateurs. L'étude complète a évalué les entreprises en fonction de leur chiffre d'affaires et de critères environnementaux, sociaux et de gouvernance, en utilisant des données issues de la base de données de Statista. Pour mesurer la satisfaction des collaborateurs, une enquête, auprès de quelque 150 000 participants dans 58 pays a également été menée.

Quinze ans au service de l'horlogerie

Enfant du pays, Jean-Paul Farine décide, en 2008, de créer la société PoliTrempé. Il démarre alors avec le traitement thermique, le polissage en vrac et le blocage des pièces horlogères, soit une partie importante des opérations de terminaison de ces composants.

En 2010, Tiziana Farine rejoint son mari à la tête de PoliTrempé, qui a depuis déménagé de Delémont à Courrendlin. Quinze ans après sa création, PoliTrempé emploie aujourd'hui plus de 60 personnes. « *Nous avons augmenté nos effectifs de 30 % ces 12 derniers mois. Plus de 80 % de ce personnel est féminin, car nous devons faire preuve d'agilité, de dextérité, de précision et de rapidité – des qualités très féminines* », précise Tiziana Farine.

L'entreprise reprend les activités de Norbert Humair SA en 2019 et remplace son parc de machines par des équipements ultramodernes. En 2020, c'est la galvanoplastie qui vient compléter cet éventail de prestations. Afin de compléter son domaine traitements thermiques, PoliTrempé proposera très prochainement l'opération de cryogénéisation.

Aujourd'hui, après avoir rejoint le groupe Acrotec en 2021, PoliTrempé se distingue de ses concurrents en étant la seule structure à regrouper l'ensemble des traitements de terminaison des pièces – dont la taille peut varier entre 0,35 et 10 mm – avec des volumes de production qui s'adaptent à la demande.



Une nouvelle directrice générale de l'Institut International du Froid

Yosr Allouche (39 ans, illustration) deviendra la première femme à occuper le poste de directrice générale de l'Institut International du Froid (IIF). Succédant à Didier Coulomb, qui quittera ses fonctions après 20 ans de services, cette scientifique spécialiste du froid, de nationalité norvégio-tunisienne, a été nommée à la veille du 26^e Congrès international du Froid de l'IIF à Paris, face au candidat français Yannick Mathieu.



L'Institut International du Froid (IIF) est une organisation indépendante et intergouvernementale. Elle est la seule à rassembler les compétences scientifiques et techniques dans tous les domaines du froid. Fondé en 1908, l'IIF bénéficie d'un réseau mondial d'experts reconnus. Il s'engage à diffuser ses connaissances, afin d'améliorer la qualité de vie de tous, en respectant l'environnement et en tenant compte des impératifs économiques.

Carnet de bord

Un fabricant européen d'instruments chirurgicaux rejoint le groupe Acrotec

L'entreprise familiale Friedrich Daniels, basée à Solingen, en Allemagne, compte plus de 75 ans d'histoire dans la fabrication d'instruments chirurgicaux. Elle rejoint Acrotec, le groupe d'entreprises qui produit des composants de précision pour l'industrie horlogère et la joaillerie, ainsi que pour les techniques médicales et autres marchés fins. Le secteur des techniques médicales est au centre de la croissance future, y compris externe. Au total, les entreprises du groupe Acrotec représentent plus de 2700 collaborateurs sur 30 sites suisses et internationaux. Elles fournissent 1500 clients dans 50 pays. En 2022, le chiffre d'affaires du groupe s'élevait à plus de 500 millions de francs.



Rapprochement stratégique entre le canton de Vaud et le Québec

Une rencontre entre une délégation du gouvernement du Québec et du Département de l'économie, de l'innovation, de l'emploi et du patrimoine (DEIEP, via Innovaud) s'est déroulée récemment à Lausanne. À cette occasion, la conseillère d'État cheffe du Département de l'économie, de l'innovation, de l'emploi et du patrimoine, a pu échanger avec son homologue québécoise, la ministre des Relations Internationales et de la Francophonie et le ministre responsable de la Condition Féminine. Partageant des valeurs et des atouts complémentaires en termes d'innovation et d'économie, le Québec et le canton de Vaud, au bénéfice d'une langue commune, ont convenu de mettre en place un rapprochement stratégique.

Le groupe IAR renforce sa position sur le marché

Le groupe IAR de Zofingen (AG), spécialisé dans les installations d'automatisation, reprend avec effet immédiat la société Sontec AG de Hochdorf (LU), active dans les domaines de la technique de contrôle automatisée, de l'automatisation du montage, de la robotique et du traitement d'images. Le groupe IAR renforce ainsi sa position sur le marché mondial

de l'automatisation industrielle, augmentant ainsi sa capacité de production en Suisse.

Au cours des deux prochaines années, Othmar Amrein, ancien propriétaire de Sontec AG et nouveau PDG, s'engage pour une transition en douceur. Il sera ensuite disponible pour des tâches spéciales, tout en étant convaincu que les produits et les services de Sontec peuvent être vendus avec succès sur de nouveaux marchés au sein du groupe IAR. Pour Othmar Amrein, il est également très important que tous les emplois et le nom Sontec soient conservés.

La formation Feller devient Feller Academy

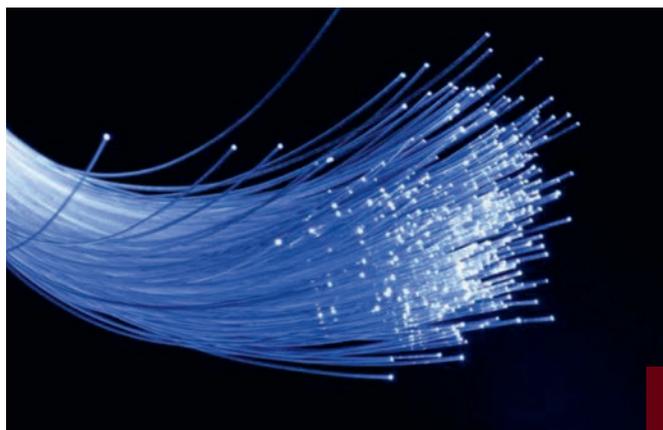
La société Feller SA, un leader technologique suisse dans le secteur des installations électriques, annonce le changement d'appellation de son offre de formation. La « Formation Feller » devient dès à présent la « Feller Academy ». Par ce changement, l'entreprise souhaite donner une vision claire de son secteur de la formation et le positionner pour les besoins futurs du marché.

Ainsi, en plus des formations Feller qui ont fait leurs preuves, il est prévu de proposer à l'avenir de plus en plus de formations continues en automatisation des bâtiments de Schneider Electric. Pour débiter, la formation sera consacrée au thème de l'eMobility. Par ailleurs, l'élargissement de l'offre de formation à la Suisse romande entre également en jeu. Alors que déjà, des cours en allemand, français et italien sont proposés en ligne, des cours en présentiel Wisser by Feller tenus en français seront également organisés pour la première fois à l'automne 2023 sur le site de l'EIT.vaud à Tolochenaz.

Trente ans dans la fibre optique

Lors de la fondation de la société Connect Com en 1993, la fibre optique était réservée à un tout petit nombre d'entreprises. Le travail devait s'accomplir avec un maximum de doigté, et la manipulation de la nouvelle technologie relevait du grand art.

Une journée a été mise sur pied pour célébrer cet anniversaire. Elle a débuté par un brunch savoureux. Ensuite, les Olympiades de la ferme attendaient tous les collaborateurs, où chacun pouvait se mesurer dans différentes disciplines « olympiques », telles que le lancer de bottes en caoutchouc, le vélo sans pédale, le sciage de bois et bien d'autres défis rigolos. Bien entendu, les enfants n'ont pas manqué de caresser et de nourrir les animaux, tandis qu'une agréable promenade en calèche a permis d'admirer le paysage idyllique.



De la Recherche à l'Application

Equipements industriels

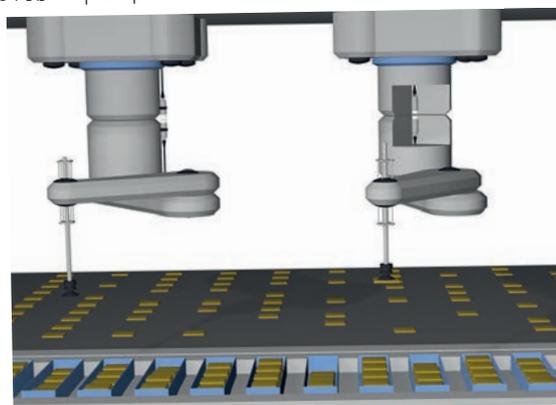
De nouveaux coupleurs inductifs

Les nouveaux coupleurs inductifs BIC G30 dotés de l'interface IO-Link sont particulièrement adaptés aux applications dans le domaine du lavage, y compris dans des conditions difficiles, là où les exigences d'hygiène sont élevées, dans l'industrie alimentaire et des boissons, par exemple. Ils sont également utilisés dans les applications robotiques pour contrôler les bras de préhension ou dans les îlots de production et les machines d'emballage. Le deuxième canal IO-Link peut être utilisé pour les données de processus et de diagnostic, et donc pour la surveillance de l'état.

Ces instruments se caractérisent par une transmission d'énergie sans contact, une transmission rapide des données et une plage de température de fonctionnement allant de -25 à $+85$ °C. Ils sont dotés d'un boîtier robuste en acier inoxydable répondant aux exigences de la classe de protection IP69K, ainsi que de l'homologation Ecolab et UL. Ils permettent aux utilisateurs de transmettre jusqu'à 2 A de courant de sortie continu sans contact.



Balluff AG
CH-2564 Bellmund
Tél. +41 32 366 67 57
www.balluff.ch



Mécaniques robotiques et automatisation adaptative

Les mécaniques robotiques et configurations delta de Codian, associées au système de contrôle et à la solution Machine-Centric Robotics de B&R, sont ouvertes à toutes les plateformes de contrôle et incorporables dans n'importe quelle configuration de machine. Elles offrent ainsi une solution unifiée avec un seul contrôleur, une seule interface utilisateur et un seul logiciel d'ingénierie, permettent une synchronisation précise des systèmes robotiques avec les systèmes mécatroniques de transport comme ACOPOStrak et ACOPOS 6D, avec la vision industrielle.

Ces solutions de fabrication adaptative simplifient l'ingénierie, lors de la mise en œuvre de solutions d'emballage flexibles, par exemple. Pour les fabricants et utilisateurs de machines, la robotique et l'automatisation de machines relèvent ainsi du même fournisseur. Des modèles hygiéniques sont destinés à des applications de conditionnement alimentaire et pharmaceutique.



B&R Industrie-Automation AG
CH-2504 Bienne
Tél. +41 32 315 00 80
www.br-automation.com



Quatre nouvelles séries de pompes à membrane

Quatre nouvelles séries de pompes à membrane de la série Digital Customization sont dotées de la technologie de moteur de pompe sans balais à courant continu BLDC (*Brushless Integrated Direct Current*). Il s'agit des modèles NMP 830 DC-BI, NMP 830 HP DC-BI, NMP 850 DC-BI et NMP 850 HP DC-BI. Ces micro-pompes, dont le moteur est totalement intégré au corps de pompe, peuvent traiter la plupart des gaz à un débit maximum de 7 l/min et à une pression maximale de 3 bar. Pour la génération de vide, elles atteignent une pression de 220 mbar absolus.

Ces nouvelles pompes à membrane de dimensions compactes, dotées de nombreuses options de personnalisation, sont destinées à des applications exigeantes dans les domaines des dispositifs médicaux, de la surveillance de l'environnement, de la technologie du jet d'encre ou encore des instruments d'analyse.



KNF Neuberger AG
CH-8362 Balterswil
Tél. +41 71 973 99 30
www.knf.ch



De la Recherche à l'Application

Équipements industriels

Des barrières lumineuses miniaturisées

Les barrières lumineuses à fourche BGL MiniSlot sont destinées à une détection précise des objets dans des applications difficiles ou spéciales. En raison de leur taille particulièrement compacte, elles ne nécessitent que peu d'espace d'installation. Six conceptions sont disponibles, ainsi que plusieurs options de connexion. Elles peuvent également être utilisées de différentes manières pour d'autres tâches de positionnement, pour des glissières ou des systèmes de transport, par exemple.

Ces barrières photoélectriques se caractérisent par une largeur de fourche uniforme de 5 mm, une fréquence de commutation allant jusqu'à 3 kHz pour des processus rapides et une connexion avec fiche standard M8 à quatre broches, fiche plate ou câble. D'indice de protection IP64, les capteurs sont encapsulés, si bien qu'ils résistent aux vibrations, aux chocs, ainsi qu'à d'autres influences environnementales. Les LED lumineuses indiquent l'état de commutation et permettent de poser un diagnostic.



Balluff AG
CH-2564 Bellmund
Tél. +41 32 366 67 57
www.balluff.ch

Électronique, électrotechnique, moteurs

Des alimentations d'entrée triphasées

Les nouvelles alimentations d'entrée AC triphasées à quatre fils RST-7K5 de 7,5 kW et RST-15K de 15 kW offrent un rendement de 95 % et une puissance de sortie parallèle maximale allant jusqu'à 30 kW. Trois modèles de sortie CC sont disponibles, de 115 V, 230 V et 380 V, destinées à différentes applications dans des environnements difficiles, pour les installations industrielles automatisées, les systèmes de charge pour le stockage d'énergie, l'alimentation centrale des bus, par exemple. Le courant et la tension de sortie sont programmables, ce qui permet de réguler celle-ci de 1 % à 120 %.

Différents signaux de surveillance sont disponibles, comme l'alarme de surchauffe, permettant le contrôle de l'ensemble du système. La plage de températures s'étend de -30 à +45 C° dans des conditions de pleine charge. Ces alimentations bénéficient de deux méthodes de refroidissement au choix en fonction des caractéristiques de l'appareil ou de l'environnement : par air avec un ventilateur intégré pour les modèles RST-7K5/15K et par eau pour les modèles RST-7K5L.



Simpex Electronic AG
CH-8622 Wetzikon
Tél. +41 44 931 10 10
www.simpex.ch

La connectivité Ethernet à paire unique

Le système de connectivité Ethernet à paire unique permet d'optimiser les infrastructures de l'Internet des objets et de raccorder les périphériques et équipement d'automatisation industrielle. Il s'agit d'une nouvelle technologie destinée à la construction automobile, à l'alimentation et à l'intralogistique, aux transports et systèmes de gestion du trafic, qui réduit les câbles des catégories CAT5e ou CAT6 à huit fils, à des systèmes bifilaires sans nuire aux performances de la communication de données. Ce qui permet une réduction de poids de quelque 30 %, ainsi que l'amélioration du rayon de courbure.

Le portefeuille de produits SPE de Belden permet aux fabricants de fournir des connexions IP20 pour les zones propres et des connexions IP65/IP67 pour les appareils de terrain, afin de fournir la base d'une communication en temps réel entre tous les appareils du réseau de l'entreprise et le cloud.



Omni Ray AG
CH-8600 Dübendorf
Tél. +41 44 802 28 80
www.omniray.ch

De la Recherche à l'Application

Informatique, bureautique, télématique

Des panels PC industriels IP65

Les panels PC industriels de la série Spectra Silent-wDL sont des dispositifs destinés au contrôle des machines et installations dans des environnements de production difficiles. Ils bénéficient de l'indice de protection IP65 et sont donc étanches à la poussière et protégés contre les jets d'eau. La dernière génération est équipée d'un processeur Core i5-1145G7E et de 8 Go de mémoire RAM, fonctionnant avec une enveloppe thermique (TPD) de seulement 15 W. Le concept de refroidissement intelligent ne nécessite aucun ventilateur.

Six modèles sont disponibles, avec des tailles d'écran tactile capacitif allant de 12 à 24 pouces. Des commandes supplémentaires intégrées dans l'interface tactile permettent de régler la luminosité et le volume. Une prise USB 2.0 est fournie en standard. D'autres interfaces, telles que COM, USB, LAN et HDMI peuvent être ajoutées. La température de fonctionnement est comprise entre 0 et 45 °C.



Spectra (Schweiz) AG
CH-8404 Winterthur
Tél. +41 43 277 10 50
www.spectra.ch



Mesure, commande, régulation, automatisme

Un nouveau débitmètre à passage intégral

Le débitmètre électromagnétique Promag W 300/400/500 accompagné de l'option « passage intégral (0 x DN) » peut être associé à différents transmetteurs. Il offre une grande précision - de $\pm 0,5\%$ - et ne nécessite aucune longueur droite ni en amont, ni en aval. Il peut facilement gérer les tourbillons qui sont fréquents après des obstacles, tels que des coudes de tuyauterie, des joints saillants ou des diamètres différents. Sa construction n'entraîne aucune perte de charge.

Ce débitmètre ainsi que la fonctionnalité « Heartbeat Technology » se caractérisent par un accompagnement dans la maintenance, une vérification simple de l'ensemble du point de mesure et une aide à l'optimisation.



Endress+Hauser Suisse
CH-1030 Bussigny
Tél. +41 61 715 77 22
www.ch.endress.com/fr

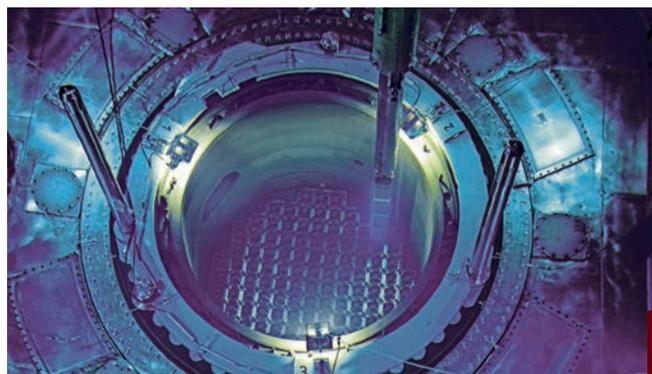


En bref

Centrale nucléaire de Beznau : remise en service de la tranche 2 après révision

La centrale nucléaire de Beznau (KKB) ayant terminé la révision de la tranche 2, l'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire (IFSN) a donné son feu vert pour la reprise de l'exploitation. La tranche KKB 2 entame ainsi un nouveau cycle d'exploitation pour continuer à contribuer de manière importante à la sécurité d'approvisionnement de la Suisse.

La centrale nucléaire de Beznau produit chaque année quelque 6 TWh d'électricité de manière sûre, fiable et respectueuse du climat, couvrant un dixième des besoins en électricité de la Suisse. Les deux tranches de la centrale ont été déconnectées du réseau au printemps et à l'été pour changer les éléments combustibles et effectuer une révision.



Bulletin d'information des associations



Groupement Électronique de Suisse Occidentale

Qui sommes-nous ?

Le Groupement électronique de Suisse occidentale a été fondé le 12 mars 1975 à Lausanne. Ses membres sont actifs dans le développement, l'application de savoir-faire et de produits à partir de métiers comme l'électronique, l'automation et l'informatique industrielle, les capteurs, l'instrumentation, la microélectronique et les microsystèmes. Le Groupement électronique de Suisse occidentale soutient l'entreprise dans les trois pôles de préoccupation suivants: technique/technologique, productive/logistique, économique/management.

Le GESO organise les activités suivantes:

- Visites d'entreprises suivies d'un point convivial
- Conférences et séminaires sur des thèmes de technologies actuelles et futures
- Voyages en compagnie de partenaires de votre branche d'activité pour la visite d'expositions
- Groupes de travail interentreprises sur des sujets proposés par des membres



GESO
1110 Morges
contact@geso.ch
www.geso.ch



Le SEC est une plateforme des métiers de l'électronique permettant à ses membres de développer de nouvelles compétences, d'améliorer leur compétitivité et leur productivité, de maintenir et valoriser leurs personnels hautement qualifiés en Suisse.

Il initie un cercle vertueux et une chaîne de valeur entre les acteurs membres en réunissant leurs compétences et leurs réseaux complémentaires.

www.s-e-c.org



Bulletin d'information des associations

ASRTM

Association Suisse Romande de Traitements des Matériaux

Pierre Burdet
Secrétaire de l'ASRTM
HEIG-VD, Route de Cheseaux 1
1401 Yverdon-les-Bains

024 557 63 37
secretariat@asrtm.ch
www.asrtm.ch



L'Association Suisse Romande de Traitements des Matériaux est une association dont le but est de réunir des personnes, des entreprises ou des institutions qui touchent aux domaines des traitements des matériaux et des techniques associées.

AGENDA Conférence Surftherm, 16 novembre 2023 à l'HEIG-VD à Yverdon-les-Bains

COMITÉ 2023

Président	Roland Dubach	@ roland.dubach@hotmail.com	T +33 6 70 84 20 23
Vice-Président	Jacques Forchelet	@ jacques.forchelet@sunrise.ch	T 024 446 20 56
Secrétaire	Pierre Burdet	@ pierre.burdet@heig-vd.ch	T 024 557 63 37
Trésorier	Guillaume Pasche	@ tresorier@astrm.ch	T 079 675 73 24
Membres	Gérard Crevoiserat	@ gc@scr-sa.ch	T 079 441 39 37
	Pierre Burdet	@ pierre.burdet@heig-vd.ch	T 024 557 63 37
	Henri Marchwirth	@ Henri.mach1964@gmail.com	T 079 260 02 40
	Francis Jeanbourquin	@ francis.j@net2000.ch	T 079 773 67 90
Membres honoraires	Gökhan Karadeniz	@ gkaradeniz@tvtnet.ch	T 021 691 88 79
	Edouard Trottet	@ ejtrottet@hispeed.ch	T 021 701 22 83
Membres d'Honneur	Michel Malka	@ malkam@bluewin.ch	T 022 758 13 58

Antenne romande

SwissT.net met en réseau les membres, rassemble les intérêts économiques, crée la transparence sur les marchés, assure le transfert des connaissances, promeut durablement les jeunes talents du secteur et influence les conditions générales.

*Le réseau technologique suisse **swissT.net** est l'organisation faitière des différentes branches industrielles du secteur technologique en Suisse. Elle poursuit l'objectif de consolider des intérêts similaires, de regrouper des forces et de se présenter au monde extérieur comme un groupe d'intérêt fort et uni de l'industrie technologique suisse.*

*Des entreprises à trois aux grandes sociétés, des entreprises régionales aux acteurs internationaux: le réseau technologique suisse - **swissT.net** - est composé d'une grande variété d'entreprises et de personnalités. Un mélange idéal pour recevoir des contributions inspirantes et pour étendre votre propre réseau.*

*L'offre de services de **swissT.net** est modulaire et peut être utilisée par les utilisateurs comme ils le souhaitent en fonction de leurs besoins spécifiques.*

*Le site **swissT.net** est organisé en sections, sections transversales et commissions. Il est soutenu par les membres et les sections. **swissT.net** sait ce qui fait bouger ses membres et représente leurs intérêts dans de nombreuses organisations, organes et commissions.*

swissT.net
swiss technology network

Swiss Technology Network | Industriestrasse 4a | 8604 Volketswil | Tél. 044 947 50 92 | info@swisst.net | www.swisst.net



UNION INDUSTRIELLE GENEVOISE

UIG - Union Industrielle Genevoise
Rue de Saint-Jean 98 – Case postale – 1211 Genève 3
Tél. 058 715 35 00 – www.uig.ch

Membres du comité de l'UIG

Elia Bourquin	Livio Pierre-Antoine
Lavigne Lips	Pascal Christophe
Aune Prévost	Nicolas Pierre-Alexandre
Comte Cru	Vincent Stéphane
Gomes	Etienne
Jensen	Christian
Villella	Flavio
Lassus	Thierry
Giordanno	Matteo
Flachs	Benjamin

Président
Vice-Président
Trésorier
Membre du Bureau
Secrétaire Général
Secrétaire Patronal
Membre du Comité

Entreprises

Eskenazi SA
Lemsys SA
Tech'Firm SA
Abbé SA
UIG
UIG
CVM Sàrl
Agie Charmilles New Technologies SA
Nomali Group - Neon Express SA
Bunn&Sorensen
Jaeger & Bosshard SA
Hitachi Energy Switzerland SA
Mado SA
Manutention et Chariots SA

Fédération suisse des professionnels de la mécanique Schweizerischer Verband der Mechanikfachleute

FSPM-SVMF

Siège: Rue du Collège 25
2043 Boudevilliers
Tél. 032 / 857 19 52
info@fspm.ch – marketing@fspm.ch
<https://www.fspm.ch> – <http://qcm.fspm.ch>



COMITÉ CENTRAL

Président	LEGAZ Antonio	Centre du Village 13	2043 Boudevilliers	Tél. 032 / 857 19 52
Vice-président	HUGUENIN-DUMITTAN Daniel	Ch. de Boveresse 10	2108 Couvet	Tél. 079 / 445 65 82
Communication	GIROD David	Rue des Fleurettes 20	1400 Yverdon-Les-Bains	Tél. 079 / 548 29 12
Secrétariat central	BEYTRISON Anouck	Rue Beau-Soleil 8	3963 Crans-Montana	Tél. 078 / 620 99 31

Adresses des présidents des sections FSPM-SVMF:

Fribourg	JAUQUET Jean-Marc	Le Chêne 19	1733 Treyvaux	Tél. 026 / 413 37 77
Jura-Berne	GUERREIRO Manuel	Ferdinand Gonseth 13	2615 Sonvilier	Tél. 032 / 926 33 48
Neuchâtel	TREUTHARD David	Rue des Noisetiers 6	2345 Les Breuleux	Tél. 078 / 855 92 31
Valais	POBELLE Frédéric	Rue du Manège 20	3960 Sierre	Tél. 078 / 677 78 57
Vaud-Genève	CASULA Nicolino	Route du Bois 13	1024 Ecublens	Tél. 076 / 368 55 82

Guide de l'acheteur

Automatisation

Profilés en plastique



KOMPETENZ IN KUNSTSTOFF

www.k-profile.com
Kunststoffprofile
www.3d-prints.ch
3D-Druck

Obere Birsrüti 3 | CH-9220 Bischofszell | Telefon 071 424 26 40
Telefax 071 424 26 49 | www.k-profile.com | info@k-profile.com

Systèmes à base PC/IPC



Beckhoff Automation SA

Avenue des Sciences 15 Tél. 024 447 27 00
1400 Yverdon-les-Bains yverdon@beckhoff.ch
www.beckhoff.ch

Systèmes de commande



FAULHABER
Drive Systems

www.faulhaber.com

Technique linéaire



B&R Industrie-Automation AG

Rue de Granges 5D Tél. 032 315 00 80
2504 Bienne office.ch@br-automation.com
www.br-automation.com

Automatisation

Sensorique



Baluff AG

Zürichstrasse 23 c Tél. 032 366 66 77
2504 Biel info.ch@balluff.ch
www.balluff.ch

Technique d'entraînement



Elektromotorenwerk Brienz AG

Muttenweg 1 Tél. +41 33 952 24 24
CH-3855 Brienz info@emwh.ch
www.emwh.ch

Systèmes d'identification



Weidmüller Schweiz AG

Rue Galilée 6 Tél. 052 674 07 73
1400 Yverdon-les-Bains info@weidmueller.ch
www.weidmueller.ch

Électrotechnique

Connecteurs



Demelectric AG

Steinhaldenstrasse 26 Tél. 043 455 44 00
8954 Geroldswil info@demelectric.ch
www.demelectric.ch

Électronique

Composants passifs



amelec Electronic GmbH

Brunnwiesenstrasse 6A Tél. 044 862 00 62
8157 Dielsdorf info@amelec.ch
www.amelec.ch Shop: shop.amelec.ch

IoT dans l'industrie

Communication industrielle



ifm electronic ag

Altgraben 27
4624 Härkingen
Tél. 062 388 80 30
info.ch@ifm.com
www.ifm.com/ch

Machine-outil

Copeaux et Abrasifs • Laser • Déformation



VFM Machines SA

Tél. +41 76 476 99 35 ramseyer@vfmsa.ch
www.vfmsa.ch

Données techniques : format 42 x 25 mm - CHF 750.-/12 mois. Pour plus d'information, veuillez contacter nos régies publicitaires :
Deutschschweiz / Deutschland / Österreich / Nordamerika / Asien : Stump Medien AG, CH-8173 Neerach, Tél. +41 44 858 38 00, info@stumpmedien.ch
Suisse romande et pays francophones : Cam&Léon Consulting SàRL, CH-1169 Yens, Tél. +41 79 954 27 70, polymedia@cametleon.ch

Impressum

Organe officiel :

- de la Fédération suisse des professionnels de la mécanique. (FSMP-SVMF)
- de l'Association Suisse Romande de Traitements des Matériaux (ASRTM).
- du Groupement de l'électronique de Suisse occidentale. (GESO)
- de l'Union industrielle genevoise. (UIG)
- de l'Association économique de l'automatisation, de l'électronique et de l'informatique. (swissT.net swiss technology network)

Administration

POLYMEDIA SA
Av. de Riond-Bosson 12, 1110 Morges
Tél. +41 21 802 24 42

www.polymedia.ch
IBAN : CH40 0900 0000 1200 1684 7
BIC / SWIFT : FOFICHBEXXX

Directeur général, éditeur

Cedric Favre

Rédaction

Rédacteur en chef a.i. :

Cedric Favre

c.favre@polymedia.ch

Rédacteurs :

Michel Giannoni, Georges Pop.

Marketing

Cedric Favre

c.favre@polymedia.ch

Tél. +41 21 802 24 42

Régies publicitaires

Deutschsprachige Schweiz + International :
Stump Medien AG
CH-8173 Neerach
Tél. +41 44 858 38 00
info@stumpmedien.ch

Suisse romande + France :
Cam&Léon Consulting SàRL
CH-1169 Yens
Tél. +41 79 954 27 70
polymedia@cametleon.ch

Mise en page

Javier Peña
j.pena@polymedia.ch

Apprenti

Eddy Ben Jemia

Administration, abonnements

Pierre-André Robbi, abonnement@polymedia.ch

Prix et parution

Le numéro
Exemplaire gratuit sur demande (valeur CHF 10.-)

Abonnements

Suisse (TVA incluse)	1 an CHF 60.-	2 ans CHF 110.-
Europe	CHF 130.-	CHF 190.-

Paraît 12 fois par an.
Les articles ne peuvent être reproduits ou traduits qu'avec l'autorisation écrite de la rédaction. Les auteurs des articles publiés ont seuls la responsabilité des théories et opinions qu'ils ont émises.
La Revue POLYTECHNIQUE n'est pas responsable des articles et informations paraissant dans les rubriques des associations.

Impression : Onlineprinters GmbH

Tirage : 2085 exemplaires (certification notariale, 2023)

ISSN-0374 4256





DONNÉES MÉDIA 2024

Caractéristiques

Fondée en 1898, *La Revue POLYTECHNIQUE* publie des informations techniques et scientifiques polyvalentes, actuelles et concrètes, à l'attention de tous les acteurs de la technique et des sciences appliquées.

Particulièrement appréciée par les chefs d'entreprise et les acheteurs qui souhaitent élargir leurs connaissances, cette revue indispensable circule jusque dans les ateliers et les hautes écoles.

Rédaction

POLYMEDIA SA

Av. de Riond-Bosson 12
CH-1110 Morges
Tél. +41 21 802 24 42
redac@polymedia.ch
www.polymedia.ch

Rédacteur en chef a.i.

Cedric Favre
Tél. +41 21 802 24 42
c.favre@polymedia.ch

Rédacteurs

Michel Giannoni
Ing. EPFL, Dr ès sc.
Tél. +41 21 802 24 42
m.giannoni@polymedia.ch

Georges POP
Tél. +41 21 802 24 42
g.pop@polymedia.ch

Programme rédactionnel

La rédaction se réserve le droit de modifier ce programme en fonction d'imprévus. Les dates sont indiquées sous réserve.

RP N°	Date de parution	Clôture des données techniques	Foires / Expositions - Tirages élargis
1-2	27.02.24	29.01.24	Blech, Berne (CH) (13-15 mars) European Hydrogen Energy Conference, Bilbao (E) (6-8 mars) Global Industrie, Paris (F) (25-28 mars)
3	26.03.24	26.02.24	WATCHES & WONDERS, Genève (CH) (9-15 avril) SIAMS, Moutier (CH) (16-19 avril) Salon International des Inventions, Genève (CH) (17-21 avril) embedded world, Nürnberg (D) (9-11 avril) Foire de Hanovre, Hanovre (D) (22-26 avril)
4	23.04.24	25.03.24	Optatec, Francfort (D) (14-16 mai) SPS / IPC / DRIVES, Parme (I) (28-30 mai)
5	28.05.24	29.04.24	Powertage, Zurich (CH) (4-6 juin) EPHJ, Genève (CH) (11-14 juin) Swiss Medtech Expo, Lucerne (CH) (18-20 juin) Surface Technology, Stuttgart (D) (4-6 juin) Analytica & Bioanalytical Techniques, Paris (F) (24-25 juillet)
6-7	23.07.24	24.06.24	all about automation, Zurich (CH) (28-29 août) SINDEX, Berne (CH) (31 août-2 septembre)
8	27.08.24	29.07.24	Ilmac, Bâle (CH) (26-28 septembre) Micronora, Besançon (F) (24-27 septembre)
9	24.09.24	26.08.24	
10	22.10.24	23.09.24	electronica, Munich (D) (12-15 novembre)
11	26.11.24	28.10.24	
12	17.12.24	18.11.24	

Thèmes principaux

En gras, les deux thèmes exclusifs particulièrement mis en avant pendant l'année.

- | | | | | |
|-------------------|-----------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|
| ■ Aéronautique | ■ Domotique | ■ Génie civil | ■ Mécatronique | développement |
| ■ Alimentation | ■ Économie | ■ Gestion d'entreprise | ■ Mesure et régulation | ■ Robotique |
| ■ Automatisation | ■ Électronique | ■ Hydrogène | ■ Métaux | ■ Santé et pharma |
| ■ Automobile | ■ Électrotechnique | ■ Industrie | ■ Métrologie | ■ Sécurité |
| ■ Bâtiment | ■ Énergie | ■ Informatique | ■ Microsystèmes | ■ Simulation |
| ■ Biotechnologie | ■ Entraînement-transmission | ■ Instrumentation | ■ Microtechnique | ■ Technique médicale |
| ■ Bureautique | ■ Environnement | ■ Logistique | ■ Nanotechnologie | ■ Télécommunications |
| ■ Chemin de fer | ■ Espace | ■ Machines | ■ Normalisation | ■ Textile |
| ■ Chimie | ■ Expositions | ■ Machines-outils | ■ Optoélectronique | ■ Traitement de surfaces |
| ■ Commande | ■ Fluidique | ■ Manutention | ■ Physique | ■ Traitements thermiques |
| ■ Conditionnement | ■ Formation | ■ Matériaux | ■ Productique | ■ Transport |
| ■ Décolletage | | ■ Mécanique | ■ Recherche et | ■ Usinage |



Caractéristiques

La Revue POLYTECHNIQUE a un tirage moyen mensuel certifié de 2085 exemplaires. Le tirage est élargi en fonction des salons, foires et expositions professionnelles, où la revue est distribuée. En Suisse et dans le monde entier, ses 4000 lecteurs accordent tous les mois leur confiance à une notoriété rédactionnelle qui fait ses preuves depuis plus d'un siècle. Cette publication, qui figure parmi les revues techniques les plus lues en Suisse, offre la meilleure pénétration sur le marché romand pour des annonceurs souhaitant offrir à leurs publicités les meilleures chances d'être vues et lues.

Contact

Régie publicitaire
Cam&Léon Consulting SàRL
CH-1169 Yens
Tél. +41 79 954 27 70
polymedia@cametleon.ch

Marketing
Cedric Favre
Tél. +41 21 802 24 42
c.favre@polymedia.ch

Tarifs des annonces

(prix en CHF, hors TVA)

2°/4° de couverture

1 parution: **3990.-**
Rabais 10 parutions*: **28 500.-** (2850.-/N°)

1/1 page

1 parution: **3490.-**
Rabais 10 parutions*: **27 390.-** (2739.-/N°)



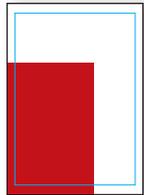
210 x 297 mm**



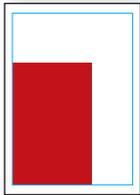
185 x 267 mm

Format junior

1 parution: **2490.-**
Rabais 10 parutions*: **19 690.-** (1969.-/N°)



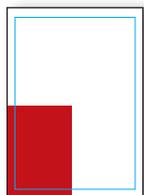
134 x 205 mm**



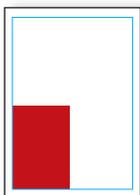
130 x 190 mm

1/4 page standard

1 parution: **990.-**
Rabais 10 parutions*: **8280.-** (828.-/N°)



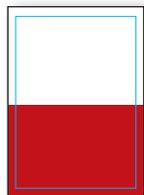
100 x 145 mm**



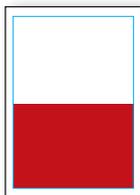
90 x 130 mm

1/2 page largeur ou hauteur

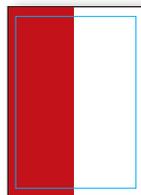
1 parution: **1990.-**
Rabais 10 parutions*: **15 290.-** (1529.-/N°)



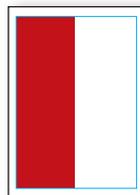
210 x 145 mm**



185 x 130 mm



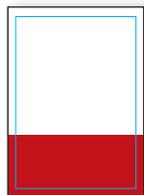
102 x 297 mm**



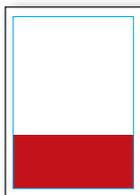
90 x 267 mm

1/3 page largeur ou hauteur

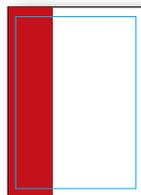
1 parution: **1290.-**
Rabais 10 parutions*: **9790.-** (979.-/N°)



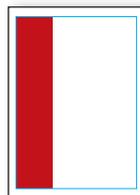
210 x 98 mm**



185 x 86 mm



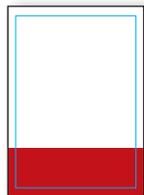
69 x 297 mm**



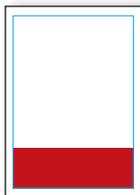
60 x 267 mm

1/4 page largeur ou hauteur

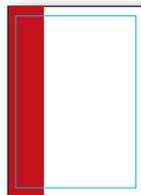
1 parution: **990.-**
Rabais 10 parutions*: **7590.-** (759.-/N°)



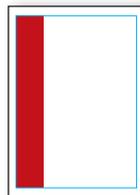
210 x 77 mm**



185 x 64 mm



55 x 297 mm**



46 x 267 mm

Documents d'impression

Veillez nous envoyer vos annonces sous forme numérique au format PDF supérieur (PDF/X-4:2010, sans cryptage, avec toutes les polices intégrées).

Profil colorimétrique : PSO Coated v3
Résolution de l'image : Images CMJN et niveaux de gris 300 dpi
Images au trait 1200 dpi
Données techniques : ** Débord pourtour + 3 mm
Zone de sécurité intérieure 5 mm

Panorama (2 pages)

1 parution: **5990.-**
420 x 297 mm**

Bannière sur Internet

650.-/mois ou
6500.-/an
Max. 236 x 437 px

Nouveautés (De la Recherche à l'Application)

Description technique d'un produit (1000 signes + 1 photo, min. 300 dpi)

1/3 de page, 1 parution: **520.-**

Flashes exposants

Description technique du produit exposé lors d'une foire (1000 signes + 1 photo, min. 300 dpi)

1/3 de page, 1 parution: à partir de **420.-**

Guide de l'acheteur (imprimé et en ligne)

10 parutions: **750.-/an** (42 x 25 mm)

10 parutions: **1200.-/an** (42 x 50 mm)

Paiement d'avance

Parution

10 fois par an

Rabais

Rabais par nombre d'insertions pour un contrat de 12 mois

3 annonces **5 %**
6 annonces **10 %**
9 annonces **15 %**

Commission: **10 %**
(aux agences reconnues)

Encarts

Encarts imprimés :
min. 216 x 303 mm Imprimés en même temps que la revue

Encarts volants :
max. 205 x 295 mm (Livraison de 2000 exemplaires min.)

8 feuilles (16 pages) **2900.-**
4 feuilles (8 pages) **1490.-**
1 feuille (2 pages) **880.-**

Pour tous les autres formats, prix sur demande

Offres d'emploi Publi-informations

2 pages **3590.-**
1 page **2490.-**
1/2 page **1590.-**
1/4 page **950.-**

* Le non-respect du contrat conduit à une facturation rétroactive.



MEDIENDATEN 2024

Kurzcharakteristik

1898 gegründet als polytechnische Fachzeitschrift hat *La Revue POLYTECHNIQUE* dank ihrem hohen Bekanntheitsgrad in der Westschweiz, seit über 120 Jahre, eine wichtige Informationsfunktion für Entscheidungsträger der Industrie + KMUs. In einer Epoche zunehmender Spezialisierung, wo oft nur noch Generalisten den Überblick haben, ist eine breite Information besonders wichtig.

Redaktion

POLYMEDIA SA
Av. de Riond-Bosson 12
CH-1110 Morges
Tel. +41 21 802 24 42
redac@polymedia.ch
www.polymedia.ch

Chef-Redaktor
Cedric Favre
Tel. +41 21 802 24 42
c.favre@polymedia.ch

Redaktor
Michel Giannoni
Ing. EPFL, Dr ès sc.
Tel. +41 21 802 24 42
m.giannoni@polymedia.ch

Georges POP
Tel. +41 21 802 24 42
g.pop@polymedia.ch

Redaktionsprogramm

Die Redaktion behält sich das Recht vor, diesen Themenplan im Falle unvorhergesehener Dringlichkeiten zu ändern. Die Daten der Messen sind unverbindlich.

RP Nr.	Erscheinung	Datenanlieferung	Fachmessen - Erweiterte Auflagen
1-2	27.02.24	29.01.24	Blech, Berne (CH) (13.-15. März) European Hydrogen Energy Conference, Bilbao (E) (6.-8. März) Global Industrie, Paris (F) (25.-28. März)
3	26.03.24	26.02.24	WATCHES & WONDERS, Genève (CH) (9.-15. April) SIAMS, Moutier (CH) (16.-19. April) Salon International des inventions, Genève (CH) (17.-21. April) embedded world, Nürnberg (D) (9.-11. April) Hannover Messe, Hanovre (D) (22.-26. April)
4	23.04.24	25.03.24	Optatec, Francfort (D) (14.-16. Mai) SPS / IPC / DRIVES, Parme (I) (28.-30. Mai)
5	28.05.24	29.04.24	Powertage, Zürich (CH) (4.-6. Juni) EPHJ, Genève (CH) (11.-14. Juni) Swiss Medtech Expo, Lucerne (CH) (18.-20. Juni) SurfaceTechnology, Stuttgart (D) (4.-6. Juni) Analytica & Bioanalytical Techniques, Paris (F) (24.-25. Juli)
6-7	23.07.24	24.06.24	all about automation, Zürich (CH) (28.-29. August) SINDEX, Berne (CH) (31. août-2. September)
8	27.08.24	29.07.24	Ilmac, Bâle (CH) (26.-28. September) Micronora, Besançon (F) (24.-27. September)
9	24.09.24	26.08.24	
10	22.10.24	23.09.24	electronica, Munich (D) (12.-15. November)
11	26.11.24	28.10.24	
12	17.12.24	18.11.24	

Hauptthemen

Fettgedruckt sind die beiden exklusiven Themen, die im Laufe des Jahres besonders hervorgehoben werden.

- Antrieb-Getriebe
- Automatisierung
- Automobilindustrie
- Ausstellungen
- Bauwesen
- Behandlung von Oberflächen
- Bestellung
- Bildung
- Biotechnologie
- Büroautomation
- Chemie
- Domotik
- Drehen
- Eisenbahn
- **Elektronik**
- Elektrotechnik
- Energie
- Ernährung
- Fluidisch
- Fördertechnik
- Forschung und Entwicklung
- Gesundheit und Pharma
- Industrie
- Informatik
- Instrumentierung
- Logistik
- Luft- und Raumfahrt
- Maschinelle Bearbeitung
- Maschinen
- Materialien
- Mechanik
- Mechatronik
- Medizinische Technik
- Messen und Regulieren
- Metalle
- Metrologie
- Mikrosysteme
- Mikrotechnik
- Nanotechnologie
- Normung
- Optoelektronik
- Physik
- Produktion
- Raum
- Robotik
- Sicherheit
- Simulation
- Telekommunikation
- Textilien
- Thermische Behandlungen
- Umwelt
- Unternehmensführung
- Verkehr
- Verpackung
- **Wasserstoff**
- Werkzeugmaschinen
- Wirtschaft

La Revue POLYTECHNIQUE
 Fondée en 1898 2024

- Les nouvelles réglementations européennes sur les drones
- Une application pour détecter les cancras
- Un drone détecte les fuites de méthane
- Une installation de recyclage de tritium
- Autonomie des particules
- Un ordinateur quantique en construction en Finlande
- Les matériaux du futur
- Des gants genéricides contre le coronavirus
- Une coopération technologique pour la construction d'aéronefs électriques
- Une mission d'élimination des déchets spatiaux
- Une application «révolutionnaire» pour trouver chaussure à son pied
- SMART: équipements et composants proposent de nouvelles idées

www.revue-polytechnique.ch

MEDIENDATEN 2024

Kurzcharakteristik

La Revue POLYTECHNIQUE hat eine zertifizierte durchschnittliche monatliche Auflage von 2085 Exemplaren. Die Auflage wird entsprechend den Messen, Ausstellungen und Fachausstellungen, auf denen die Zeitschrift verteilt wird, erweitert. Diese Publikation, die zu den meistgelesenen technischen Zeitschriften der Schweiz gehört, bietet die beste Marktdurchdringung in der Romandie für Inserenten, die ihren Anzeigen die besten Chancen bieten wollen, gesehen und gelesen zu werden.

Kontakt

Anzeigenleitung
 Stumpff Medien AG
 CH-8173 Neerach
 Tel. +41 44 858 38 00
 info@stumpffmedien.ch

Marketing
 Cedric Favre
 Tel. +41 21 802 24 42
 c.favre@polymedia.ch

Anzeigentarif

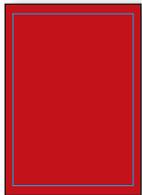
(Preise in CHF exkl. MWST)

2./4. Umschlagseite

1 Anzeige: **3990.-**
 Rabatt 10 Anzeigen*: **28 500.-** (2850.-/Nr.)

1/1 Seite

1 Anzeige: **3490.-**
 Rabatt 10 Anzeigen*: **27 390.-** (2739.-/Nr.)



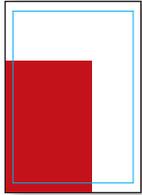
210 x 297 mm**



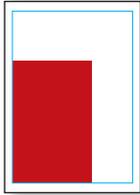
185 x 267 mm

Juniorpage

1 parution: **2490.-**
 Rabatt 10 Anzeigen*: **19 690.-** (1969.-/Nr.)



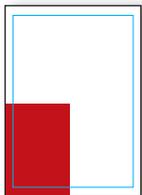
134 x 205 mm**



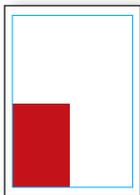
130 x 190 mm

1/4 Seite Standard

1 parution: **990.-**
 Rabatt 10 Anzeigen*: **8 280.-** (828.-/Nr.)



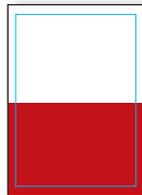
100 x 145 mm**



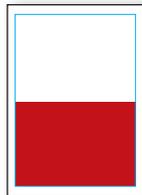
90 x 130 mm

1/2 Seite quer oder hoch

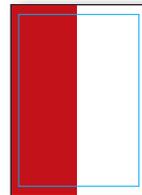
1 Anzeige: **1990.-**
 Rabatt 10 Anzeigen*: **15 290.-** (1529.-/Nr.)



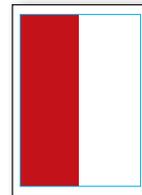
210 x 145 mm**



185 x 130 mm



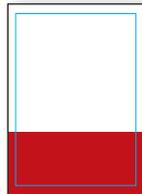
102 x 297 mm**



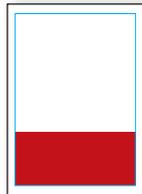
90 x 267 mm

1/3 Seite quer oder hoch

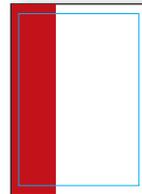
1 Anzeige: **1290.-**
 Rabatt 10 Anzeigen*: **9 790.-** (979.-/Nr.)



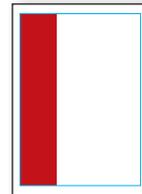
210 x 98 mm**



185 x 86 mm



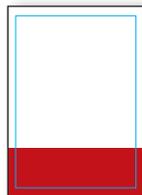
69 x 297 mm**



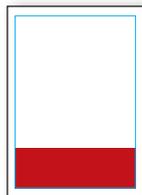
60 x 267 mm

1/4 Seite quer oder hoch

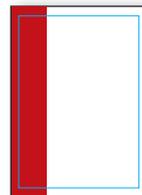
1 Anzeige: **990.-**
 Rabatt 10 Anzeigen*: **7 590.-** (759.-/Nr.)



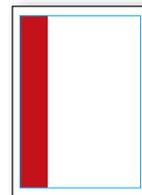
210 x 77 mm**



185 x 64 mm



55 x 297 mm**



46 x 267 mm

Druckdokument

Bitte senden Sie uns Ihre Anzeigen in digitaler Form im oberen PDF-Format (PDF/X-4:2010, unverschlüsselt, mit allen eingebetteten Schriften).

Kolorimetrische Profile: PSO Coated v3

Bildaufflösung: CMYK-Bilder und Graustufen 300 dpi
 Strichbilder 1200 dpi

Technische Daten: ** Beschnitt + 3 mm rundum
 Innere Sicherheitszone 5 mm

Panorama (2 Seiten)

1 Anzeige: **5990.-**
 420 x 297 mm**

Internet-Banner

650.-/Monat oder
6500.-/Jahr
 Max. 236 x 437 px

Produktneuheit «De la Recherche à l'Application»

Produktbeschreibung (1000 Textzeichen inkl. Leerzeichen + 1 Bild, Min. 300 dpi)

1/3 Seite, 1 Anzeige: **520.-**

Aussteller-Flash

Produktbeschreibung mit Messehinweis (1000 Textzeichen inkl. Leerzeichen + 1 Bild, Min. 300 dpi)

1/3 Seite, 1 Anzeige: ab **420.-**

Einkaufsführer & POLY-GUIDE (Druck und Online)

10 Anzeigen: **750.-/Jahr** (42 x 25 mm)
 10 Anzeigen: **1200.-/Jahr** (42 x 50 mm)

Vorauszahlung

Erscheinungsweise

Monatlich

Mengenrabatt

Innert 12 Monate

3 Anzeigen **5 %**
 6 Anzeigen **10 %**
 9 Anzeigen **15 %**

Beraterkommission: **10 %**

Beilagen

Lose Beilagen:

min. 216 x 303 mm Zusammen mit der Zeitschrift gedruckt

Flyers:

max. 205 x 295 mm (Lieferung von 2000 Exemplare min.)

8 Blätter (16 Seiten)

4 Blätter (8 Seiten)

1 Blatt (2 Seiten)

Weitere Formate, Preis auf Anfrage

2900.-

1490.-

880.-

Stellenangebote Publireportagen

2 Seiten **3590.-**

1 Seite **2490.-**

1/2 Seite **1590.-**

1/4 Seite **950.-**

* Werden weniger Anzeigen geschaltet als vereinbart, wird der Rabatt gemäss Preisliste nachberechnet.

Index

Annonces = XX
Entreprises citées = XX

Acrotec.....	38, 39	Innovative Sensor Technology IST AG.....	20
AMSLER & CO. AG.....	7	Innovaud.....	39
Amsterdam University Medical Centers (UMC).....	29	Institut International du Froid (IIF).....	38
ANSAM.....	28	Institut Paul-Scherrer (PSI).....	35
B&R Industrie-Automation AG.....	40	Jet Propulsion Laboratory (JPL).....	18
Balluff AG.....	5, 15, 40, 41	JobWatch.....	37
BIP informatique.....	28	KNF Neuberger AG.....	40
CERN.....	22	Linktronix AG.....	5
CHUV.....	28	MATRIX VISION GmbH.....	4
CNIP.....	26	NASA.....	18, 22, 33
Connect Com.....	39	Office de Promotion des Industries et des Technologies (OPI).....	17
CSEM.....	28, 38, 39	Omni Ray AG.....	41
Éditions Dunod.....	32	Petitpierre SA.....	38
Éditions Eyrolles.....	32	Photon Group.....	16
Éditions GERESO.....	32	PoliTrempe.....	38
Éditions Hermann.....	32	Ricoh.....	38
Endress+Hauser Suisse.....	42	Rostan Suisse SA.....	26
EPFL.....	8, 28	Rubis Control SA.....	26
Feller SA.....	39	Schneider Electric.....	39
Friedrich Daniels.....	39	Simpex Electronic AG.....	41
gigAtec SA.....	23	Sindex.....	33
Glas Trosch.....	17	Spectra (Schweiz) AG.....	42
Groupe E.....	28, 39	Stoneweg.....	30
Haute école de Lucerne.....	17	Swiss Plasma Center.....	8
HES-SO.....	17	Taskforce&Advisor Sàrl.....	16
Hôpital de Île.....	28	Tune Insight.....	28
Hôpital universitaire de Zurich (USZ).....	28	UNIGE.....	29
HUG.....	29	Varo.....	28, 39
Idros.....	28	Weidmüller Schweiz AG.....	6
Imperial College London.....	29	WNE.....	34
Innosuisse.....	17		

Abonnements



www.polymedia.ch/fr/abonnement

Le numéro: exemplaire gratuit sur demande (valeur CHF 10.-)

POLYMEDIA SA
Avenue de Riond-Bosson 12
CH-1110 Morges

Tél. +41 21 802 24 42
abonnement@polymedia.ch
www.polymedia.ch

La Revue POLYTECHNIQUE

12 x par an (frais d'expédition inclus)

Abonnements	1 an	2 ans
Suisse (TVA inclus)	CHF 60.-	CHF 110.-
Europe	CHF 130.-	CHF 190.-

SÉCURITÉ ENVIRONNEMENT

6 x par an (frais d'expédition inclus)

Abonnements	1 an	2 ans
Suisse (TVA inclus)	CHF 50.-	CHF 90.-
Europe	CHF 70.-	CHF 110.-



WORLD NUCLEAR EXHIBITION
28-30 NOV. 2023 PARIS - FRANCE

RENDEZ-VOUS AVEC LA COMMUNAUTÉ MONDIALE DU NUCLÉAIRE CIVIL !

17 000
Participants

612
Exposants

1 000
Officiels
& VIP*

+6 000
Business
meetings

76
Pays
représentés

16
Pavillons
internationaux

Tous les chiffres se réfèrent à l'édition 2021.

*Dirigeants d'entreprise, institutions et organismes officiels les plus importants en termes d'achats.

Inscriptions en ligne sur : world-nuclear-exhibition.com

An event by



Organized by



Contactez-nous : wne2023@rxglobal.com

Follow us  #WNE2023