



## Construire pour le monde de demain

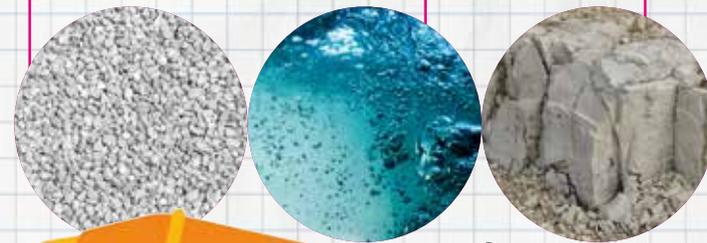
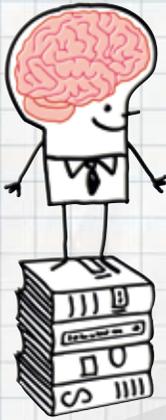
## Le béton, un matériau polyvalent

Quel est le point commun entre le Colisée de Rome – le plus grand amphithéâtre du monde – et le barrage des Trois Gorges en Chine? Du béton a été utilisé pour leur construction. Matériau de construction très polyvalent, le béton dans sa forme primitive était déjà connu à l'époque des Romains. Aujourd'hui, même s'il est enrichi d'innombrables variantes, le béton reste essentiellement composé de trois éléments: **ciment**, **granulat** et **eau**. Le ciment est un matériau de construction composé, entre autres, de calcaire broyé et d'argile, tandis que le granulat désigne un matériau granulaire tel que le gravier ou les gravillons.

Les différentes variantes de béton sont créées en modifiant la composition des trois principaux constituants, ainsi que des autres additifs et adjuvants qui influencent forte-

ment les propriétés du béton telles que la résistance à la compression et à la traction, la malléabilité ou l'isolation thermique. C'est grâce à cette polyvalence que le béton reste un matériau de construction indispensable, utilisé dans une grande variété d'ouvrages tels que les tunnels, les ponts, les bâtiments industriels et les immeubles d'habitation.

Toutefois, la production du béton et de ses constituants pose un problème environnemental de taille. La production de ciment est à l'origine de 8% des émissions mondiales de gaz à effet de serre, et le sable approprié à la production de béton se raréfie. Des efforts sont donc faits pour recycler le béton ou développer des bétons respectueux de l'environnement, comme le béton LC3 conçu sous l'égide de l'EPFL ou le zirkulit de l'entreprise Eberhard.



# La musique du futur

## Naissance d'une salle de concert

Les nouvelles technologies peuvent contribuer à la construction d'un avenir plus durable, ce qui est d'autant plus nécessaire que les ressources se raréfient et que des millions de tonnes de gravats finissent encore dans les décharges. La construction de demain est liée à un cycle impliquant de produire le moins de déchets possible et de bannir tout matériau nocif pour l'environnement et la santé, mais surtout de pouvoir réutiliser les matières premières. Cette réflexion commence dès la planification.

1

Une nouvelle salle de concert doit être construite dans une grande ville suisse. Ce nouvel édifice sera destiné à toutes les générations: les amatrices et amateurs de musique classique et d'opéra en profiteront tout autant que les fans de concerts pop et rock. Outre l'univers musical, il accueillera également des pièces de théâtre, des expositions, des spectacles et des soirées dansantes.



2

Les simulations informatiques permettent de représenter un projet, depuis sa conception jusqu'à sa réalisation, et donc de détecter à temps les erreurs de planification susceptibles de coûter beaucoup de temps et d'argent. L'architecte prévoit une salle dont les murs seront ajustables. La scène, les rangées de chaises et les balcons pourront être déplacés et répartis selon les besoins. Toutes ces interactions peuvent être reproduites sur l'ordinateur dans les moindres détails. Depuis que la planification numérique existe, la construction modulaire ne cesse de gagner en popularité.

# 3



La nouvelle salle de concert devra être aussi écologique que possible, c'est une condition posée par la ville. La construction met donc l'accent sur des matériaux respectueux de l'environnement, des nouvelles technologies de connexion et une conception modulaire permettant de remplacer facilement les composants individuels ou de les réutiliser après démontage. L'architecte a opté pour des matériaux durables: beaucoup de bois, car il repousse et il capture le CO<sub>2</sub>. Des briques fabriquées à partir des gravats d'anciennes maisons. Et de l'argile qui, contrairement au ciment, ne requiert pas de combustion et offre un climat intérieur agréable. Le hall d'entrée sera doté d'élégantes parois de verre géantes et de dalles de plancher spectaculaires fabriquées à partir de verre recyclé. Un système de chauffage auto-adaptatif assurera des températures ambiantes confortables avec un minimum d'énergie. Beaucoup de ces éléments sont déjà préfabriqués, ce qui permettra de raccourcir les délais de montage et facilitera la planification et la maîtrise des coûts.

Le principal élément d'une salle de concert est l'acoustique. Les nouveaux procédés de fabrication, tels que l'impression 3D, permettent des gains de matériel et de temps, car les composants peuvent être imprimés et assemblés directement au bon endroit. Dans notre salle de concert, l'imprimante 3D est utilisée pour préfabriquer des parties du plafond et des murs sur le chantier. La résolution élevée du processus d'impression permet d'intégrer directement la technologie du bâtiment et l'éclairage dans les éléments de construction, et d'économiser ainsi du temps et du matériel.

# 4



# 5



Les accidents du travail, qui sont trois fois plus nombreux dans le secteur de la construction que dans les autres secteurs, deviennent plus rares: les robots de construction mobiles effectuent des travaux physiques lourds et des tâches dangereuses et se déplacent de manière autonome sur le chantier grâce à des capteurs et des systèmes de navigation intégrés.



# 6



Même au petit coin, la durabilité est de mise. Les toilettes de la nouvelle salle de concert recueilleront l'urine des visiteuses et visiteurs, puis en extrairont les précieuses substances nutritives et les transformeront en engrais liquide. Conditionnée dans de jolis flacons, celle-ci sera disponible à la billetterie du concert.

# Urban Mining:

## une chasse au trésor dans la ville



Il n'est pas forcément nécessaire d'aller chercher les précieuses matières premières dans le désert ou les montagnes. Chaque ville constitue un véritable gisement de matières recyclables. De l'or au sable, tout y est disponible. Toutefois, comme dans n'importe quelle mine, la matière première n'est pas directement accessible mais doit être extraite.

L'Urban Mining désigne le recyclage des déchets produits en milieu urbain. L'installation de traitement des déchets de Hinwil, dans le canton de Zurich, récupère chaque année 10'000 tonnes de fer, 4'500 tonnes d'autres métaux non précieux et 1 à 1,6 tonne de métaux précieux tels que l'or et le palladium, à partir des déchets. Le canton a joué un rôle de pionnier en créant la première installation au monde capable de récupérer d'autres métaux en plus du fer.

Outre les déchets ménagers, l'Urban Mining englobe également les déchets de construction, tels que le béton, les briques, le fer, les revêtements en cuivre ou les tuyaux en plastique, qui résultent de la

démolition d'un bâtiment et finiraient autrement dans les décharges. Lors de la démolition de maisons, telle que la pratiquent aujourd'hui différentes entreprises de construction, des tonnes de gravats sont broyées, lavées et triées selon leur taille afin de les réutiliser comme béton recyclé.

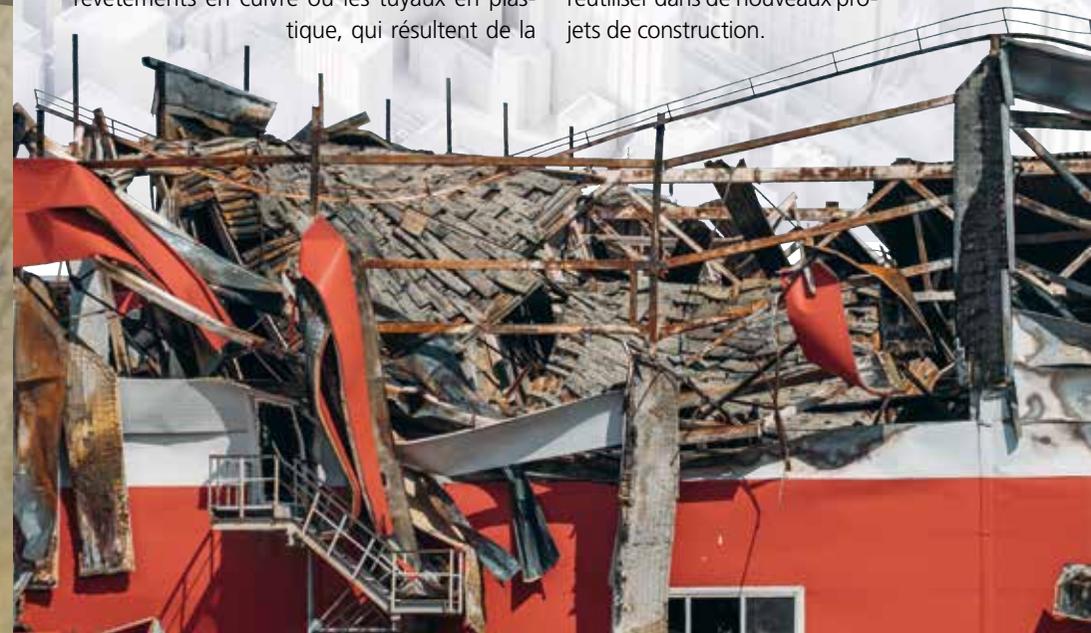
Madaster ([www.madaster.ch](http://www.madaster.ch)), une plateforme en ligne publique à but non lucratif, collecte des informations sur la qualité, l'origine et l'emplacement des matériaux de construction, fournissant une sorte de carte au trésor des gisements urbains. Grâce à ces données, les membres peuvent trouver les matériaux nécessaires et les réutiliser dans de nouveaux projets de construction.

### Tout commence dans le NEST

Le NEST est situé sur le site de l'Empa à Dübendorf. Ce bâtiment à plusieurs étages présente un visage différent à chaque visite: de nouvelles technologies, ainsi que de nouveaux matériaux et concepts énergétiques, y sont testés, étudiés et développés dans des conditions réelles dans des modules d'innovation qui sont installés pour une durée limitée. L'unité Urban Mining, par exemple, se concentre sur les nouveaux matériaux de construction qui peuvent être démontés et réassemblés sans déchets. Une autre unité, la D-Fab House, est le premier bâtiment habitable au monde à avoir été conçu numériquement, mais aussi construit en grande partie de façon numérique à l'aide de robots et de l'impression 3D. En plus d'être un lieu de recherche, le NEST est aussi un lieu de pratique. Au final, ce sont les utilisatrices et utilisateurs qui détermineront si les innovations sont convaincantes ou non.



Une visite virtuelle des salles du NEST est possible avec le **Simulation Dasher 360**.



# La bionique dans l'architecture

La bionique est une discipline scientifique qui tente de relever des défis techniques à l'aide de principes biologiques généraux. Il ne s'agit pas de copier une forme biologique pour des raisons esthétiques, mais d'isoler une fonction naturelle et de la transposer dans le monde technique. La nature constitue donc une source d'idées pour trouver de nouvelles solutions techniques. Thomas Speck, professeur à l'Université de Fribourg-en-Brisgau, se consacre à la bionique dans l'architecture.



Le professeur Thomas Speck est titulaire de la chaire «Botanique: Morphologie fonctionnelle et bionique» à l'Université de Fribourg-en-Brisgau et directeur du jardin botanique local. Son groupe de recherche se concentre sur la biomimétique et la biomécanique, ainsi que l'évolution des plantes et leur mouvement. Il est notamment l'un des porte-parole du pôle d'excellence des systèmes de matériaux vivants, adaptatifs et autonomes en énergie (livMatS) et (co-)éditeur de divers ouvrages et revues scientifiques sur des sujets tels que la bionique, la biomécanique et la morphologie fonctionnelle, ainsi que la biologie évolutive et la paléobotanique.

«L'architecture est un levier  
essentiel pour atteindre les  
objectifs climatiques»

## Technoscope: Pourquoi l'architecture s'intéresse-t-elle à la biologie?

Thomas Speck: L'architecture s'est toujours intéressée à la nature, dans un premier temps pour son esthétique. Mais dès 1889, le principe de construction légère s'est inspiré des travées osseuses du fémur pour la construction de la tour Eiffel. Depuis 40 ans environ, la bionique est pratiquée de manière de plus en plus structurée.

## Comment procède-t-on dans la recherche sur la bionique?

Il existe deux processus: le processus «bottom-up» qui consiste à trouver une fonction biologique intéressante, puis à chercher une application technique appropriée. Ce processus débouche souvent sur des choses totalement nouvelles, mais il faut compter 5 à 7 ans entre la découverte et le prototype. Plus courant, le processus «top-down» vise quant à lui à résoudre un problème concret du secteur industriel à l'aide de la nature. 2 à 4 ans sont nécessaires pour créer des prototypes.

## Pouvez-vous nous décrire la genèse d'un produit concret de type «top-down»?

Des architectes recherchaient un système brise-soleil optimisé pour les façades en verre incurvées, car les systèmes traditionnels de-

mandent beaucoup d'entretien et sont sujets à des défaillances en raison de leurs innombrables petits éléments et charnières. Dépourvues de charnières et d'articulations, les plantes offrent des solutions intéressantes. Deux biologistes et deux architectes ont ainsi trouvé une idée fascinante dans le jardin botanique.

## Qu'ont-ils découvert?

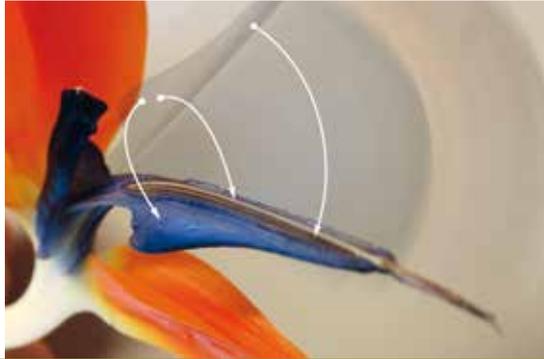
La fleur oiseau du paradis d'Afrique du Sud est dotée d'une «piste d'atterrissage» qui s'ouvre dès qu'un oiseau s'y pose. Les chercheurs ont d'abord modélisé ce principe à l'aide d'un pic à brochette et d'une ailette en papier, avant d'aboutir à un élément brise-soleil de façade qui ne s'ouvre et se déforme que par déformation élastique. Le système brise-soleil de façade Flectofin qui en est issu est beaucoup plus robuste que les systèmes traditionnels.

## Qui peut pratiquer la bionique?

Notre groupe de recherche est interdisciplinaire et comprend des scientifiques issus.e.s de la biologie, de la physique, de la géologie/paléontologie, de l'ingénierie, de la recherche sur les matériaux, de la chimie, etc. Je pense qu'il vaut mieux suivre une formation dans une dis-



La fleur oiseau du paradis sud-africaine (strelitzia): une source d'inspiration pour les systèmes brise-soleil de façade.



Brise-soleil de façade bionique selon le principe Flectofin au pavillon One Ocean à Yeosu (Corée du Sud)

cipline de base et d'y acquérir des connaissances solides, puis aborder le sujet de la bionique dans le cadre d'une thèse ou d'un master. En ce qui concerne l'industrie, nous travaillons avec des architectes, des ingénieurs, ainsi que des spécialistes des matériaux.

Il est essentiel d'avoir cette envie de comprendre comme fonctionnent les choses. Il faut également avoir une approche créative et ludique.

### Les solutions bioniques peuvent-elles contribuer à la lutte contre le changement climatique?

L'architecture, ou l'urbanisme en général, constitue un levier essentiel pour atteindre les objectifs climatiques. Il suffit de songer par exemple aux émissions mondiales de CO<sub>2</sub> dues à la production de béton. Le système brise-soleil de façade bionique mentionné ci-dessus pourrait contribuer à l'isolation thermique efficace des bâtiments dotés de façades en verre.

Un autre exemple est celui des systèmes composites à fibres ramifiées, inspirés des dragonniers et des cactus colonnaires, qui pourraient réduire de 20 à 30% la quantité de béton nécessaire en utilisant le béton léger comme matériau de remplissage lors de la construction.

### La bionique est-elle durable?

Les applications bioniques ne sont pas durables en tant que telles, des tests doivent être effectués séparément pour chaque produit. La biologie elle-même n'est pas axée sur la durabilité, mais sur la recherche d'une solution optimisée utilisant le moins de matériel et d'énergie possible. Cette approche pourrait également s'appliquer au secteur de la construction. Si l'on considère que la durée de vie normale des maisons individuelles ne dépasse pas deux générations, il n'est pas nécessaire de construire pour l'éternité. L'essentiel est d'utiliser des matériaux aussi optimaux que possible pendant cette période limitée.



## Ouvrage conseillé

Bionisch bauen, Von der Natur lernen (*Construction bionique, apprendre de la nature*), Jan Knippers, Ulrich Schmid, Thomas Speck (éd.), Birkhäuser Bâle 2019

# Retour aux sources

## Des constructions (presque) comme avant?



Les matériaux de construction conventionnels peuvent être partiellement recyclés et réintroduits dans le cycle des matériaux. Mais des efforts sont également déployés pour construire avec des matériaux renouvelables qui font déjà partie d'un cycle écologique. Rien de nouveau en soi puisque nos ancêtres n'avaient à disposition que du bois et des roseaux, en plus de la pierre et de l'argile. D'ailleurs, le bois continue de nos jours d'être utilisé comme matériau de construction. Ce que l'on sait peut-être moins, c'est que la laine de mouton, le chanvre ou même les algues peuvent être utilisés pour l'isolation thermique. Une société britannique [www.biohm.co.uk/orb](http://www.biohm.co.uk/orb) produit même des panneaux à partir d'écorces d'orange, qui peuvent être utilisés comme revêtements muraux ou dalles de plancher. L'amélioration des matériaux de construction traditionnels par l'ajout de maté-

riaux biologiques fait également l'objet de recherches. Chaque année, l'industrie des conserves se débarrasse de plus d'un million de tonnes de coquillages. Pour réduire l'empreinte écologique du béton, les coquillages broyés pourraient remplacer en partie le sable et le gravier dans le béton. Le chanvre, le bambou ou la laine pourraient également être utilisés comme agrégats pour le béton.

Le mycélium, à savoir l'entrelacement de racines du champignon, est un nouveau matériau de construction. Dans de bonnes conditions, il peut prendre la forme souhaitée et constituer une structure solide. Ce matériau peut être utilisé pour l'isolation thermique ou acoustique, et même être transformé en brique ou en meuble. À l'avenir, il pourrait même être utilisé dans de grandes structures telles que les murs préfabriqués.



À: **Corinne Giroud**

Copie:

Objet: **Choix d'études et de carrière**

**J'aime dessiner et construire des maquettes d'architecture ou de constructions comme les ponts ou les barrages. Quels métiers me permettraient d'exercer ma passion en 3D? Max, 15 ans**

Bonjour Max,  
Les deux métiers les plus connus de la construction sont architecte et ingénieur.e civil.e, mais bien d'autres professionnels sont impliqués dans l'aménagement du territoire, la création d'espaces de vie et la construction d'ouvrages d'art.

De nombreux édifices sont l'emblème d'une ville ou d'une région, comme le viaduc de Millau, l'opéra de Hambourg ou la tour Roche à Bâle. Aux enjeux techniques s'ajoutent, pour les concepteurs d'aujourd'hui, les défis posés à la société moderne. Qu'il soit question de la construction d'un tunnel ferroviaire ou de la rénovation d'une zone d'habitation, réduire l'empreinte écologique en utilisant des techniques et matériaux durables, valoriser



Corinne Giroud, Office cantonal d'orientation scolaire et professionnelle – Vaud

un espace donné, répondre aux besoins des habitants et des entreprises, intégrer les changements climatiques et les évolutions sociales, etc., la responsabilité des professionnels est engagée sur de nombreux fronts.

Du bureau d'études au chantier, architectes et ingénieurs peuvent compter sur la collaboration de dessinateurs, de maquettistes, de techniciens, de constructeurs de voies de communication, de maçons, de constructeurs métalliques

ou d'informaticiens du bâtiment, parmi d'autres professions du domaine.

En amont, la recherche scientifique et appliquée contribue à faire évoluer les constructions et les équipements: les ingénieurs en matériaux, les ingénieurs en énergie ou en techniques du bâti-

ment, les ingénieurs en transport ou en environnement travaillent à réduire l'impact des constructions sur les espaces de vie et la nature.

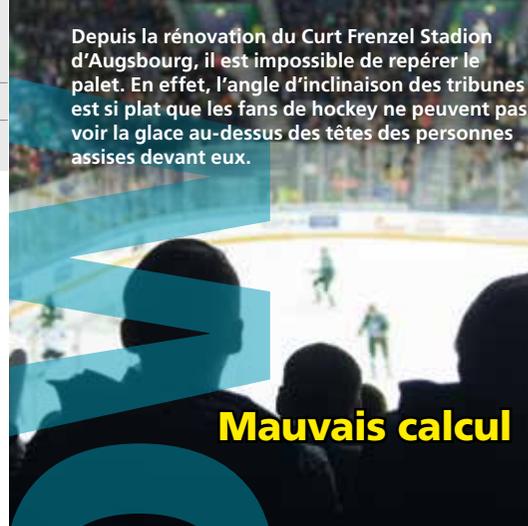
Quant aux urbanistes, leur mission s'attache à penser les espaces urbains sous l'angle du bien-être des habitants.

Mettre au point de nouveaux matériaux, repenser la mobilité, recycler les déchets de chantier ou favoriser la construction d'écoquartiers sont dans l'air du temps. Dans le domaine de la

restauration de bâtiments, les conservateurs-restaurateurs, les historiens ou les archéologues sont aussi invités à la table de discussion, en tant qu'experts. L'architecte ou l'ingénieur.e, de son côté, garde la vision globale de chaque projet.

Sais-tu qu'un apprentissage dans le domaine de la construction peut conduire à des études en génie civil ou en architecture? C'est une alternative à la maturité gymnasiale qui permet d'entrer rapidement dans le vif des chantiers.

Depuis la rénovation du Curt Frenzel Stadion d'Augsbourg, il est impossible de repérer le palet. En effet, l'angle d'inclinaison des tribunes est si plat que les fans de hockey ne peuvent pas voir la glace au-dessus des têtes des personnes assises devant eux.



**Mauvais calcul**



**Mauvaise performance**

L'effondrement du pont de Tacoma illustre la plus spectaculaire des erreurs de planification. En 1940, après seulement quatre mois de fonctionnement, le vent a soumis ce pont suspendu à des vibrations si violentes qu'il s'est brisé. Depuis lors, plus aucun pont ne peut être construit sans avoir été soumis à des tests en soufflerie.

**Mauvaise estimation**



La Philharmonie de l'Elbe, dans le port de Hambourg, est aussi une nouvelle construction spectaculaire. Sa facture l'est également: au total, l'Elphi aura coûté 800 millions d'euros, soit dix fois plus qu'initialement prévu.

Le quartier des banques de Londres abrite le «Talkie Walkie», un gratte-ciel ultramoderne. Malheureusement, sa façade en verre réfléchissante agit comme une loupe: les véhicules garés devant s'enflamment et l'asphalte fond.



**Mauvaise planification**

La photo de couverture illustre le stade national de Pékin.

#### Impressum

SATW Technoscope 03/21 | Septembre 2021 | [www.satw.ch/technoscope](http://www.satw.ch/technoscope)  
Concept et rédaction: Ester Elices | Collaboration rédactionnelle: Christine D'Anna-Huber | Alexandra Rosakis | Graphisme: Andy Braun | Photos: Adobe Stock, ITKE Univ. Stuttgart, Andy Braun | Photo de couverture: Adobe Stock | Traduction: Ars Linguae | Impression: Egger AG

#### Abonnement gratuit et commandes supplémentaires

SATW | St. Annagasse 18 | CH-8001 Zürich | [technoscope@satw.ch](mailto:technoscope@satw.ch) | Tel +41 44 226 50 11  
Technoscope 4/21 paraîtra en décembre 2021 sur le thème de «Blockchain»



#### Liens

Tu trouveras toutes les fiches métiers et formations sur [www.orientation.ch](http://www.orientation.ch) > Professions ou > Formations

**satw** it's all about technology

Tu as des questions ou des suggestions pour l'équipe de Technoscope? Alors n'hésite pas à nous les envoyer! [technoscope@satw.ch](mailto:technoscope@satw.ch)