

LEONARD

yearbook
2023



Les nouveaux mondes

« Pour ne pas avoir un jour à déplorer notre inaction, nous devons collectivement nous montrer à la hauteur de nos défis communs. »

Julien Villalongue

Le mot de
Julien Villalongue
directeur de Leonard



Les nouveaux territoires de la transition

L'année 2022 a été une nouvelle fois celle de tristes records pour la planète. En mai dernier, la sixième des neuf limites planétaires identifiées par le Stockholm Resilience Center, celle du cycle de l'eau douce, était franchie, mettant davantage en péril les équilibres naturels de la Terre et son habitabilité. Au cours de l'été, plus de 500 000 hectares de forêts partaient en fumée en Europe. Parler de « nouveaux mondes » peut donc surprendre ; il ne sera pourtant pas question ici de fuite en avant, ou de s'envoler vers l'espace pour mieux échapper à notre réalité terrestre. Ces nouveaux mondes sont ceux de la transition, ceux que nous pouvons imaginer, puis construire, pour mieux habiter l'avenir.

La transition vers des modèles soutenables nous impose de modifier en profondeur nos modes de vie, nos infrastructures et nos usages. Dans un monde sujet à des tensions et à des crises multiples, où l'incertitude domine l'horizon, il faut être capable de voir « au-delà », d'anticiper, de nous projeter pour mieux agir. Ce contexte troublé ne doit pas nous faire perdre de vue le processus de décarbonation des activités humaines et de nos économies, qui reste une boussole pour les actions à mener.

Si l'objectif de neutralité carbone à l'horizon 2050 doit continuer à concentrer les efforts en matière de projets et de financements dans cette « décennie décisive », il nous faut également prendre

en compte le vivant dans son ensemble. La réponse aux défis que posent l'adaptation, la biodiversité ou la gestion des ressources doit aller de pair avec une attention constante aux équilibres économiques et sociaux, pour assurer l'acceptabilité de ces trajectoires qui sont nécessaires.

Pour atteindre ces objectifs, la contribution des innovateurs et des entrepreneurs est décisive. Signe d'espoir, les investissements dans les start-up tournées vers les enjeux environnementaux continuent à être très dynamiques dans une conjoncture pourtant moins favorable à l'investissement dans l'innovation. Plus que jamais, Leonard œuvre pour développer de nouvelles solutions et créer des opportunités qui définiront ces nouveaux territoires de la transition.

Chez Leonard, nous poursuivons l'exploration de ces nouveaux territoires, réels et virtuels, dans lesquels s'incarne la transition. Pour ne pas avoir un jour à déplorer notre inaction, nous devons collectivement nous montrer à la hauteur de nos défis communs. Le chemin de la transition ne pourra être parcouru qu'en réfléchissant aux obstacles organisationnels et culturels qui entravent les possibilités de changement, et en coordonnant l'ensemble des acteurs aux différentes échelles des territoires.

C'est pour cette raison qu'en 2023, Leonard continuera de réunir tous les acteurs de cette transformation avec la conviction qu'il est possible de lever ensemble les freins qui nous retiennent encore de construire ces futurs désirables.

L'agenda des nouveaux mondes

Chronologie 2022 et prédictions 2023
p. 6

Géographies

p. 8

**Cabinet de curiosités :
vers une ville résiliente**

p. 10

*« La vraie raison d'être
de l'urbanisme aujourd'hui,
c'est l'adaptation. »*

Entretien avec Franck Boutté

p. 12

**La transition écologique,
une affaire communale ?**

p. 15

**Explorer les enjeux d'une
économie bleue durable**

p. 17

**Les énergies marines
renouvelables ont le vent
en poupe**

p. 18

**Métavers : entre nouvelle
frontière et BIM augmenté**

p. 22

Récits des mondes virtuels

p. 24

**Pourquoi blockchain
et métavers vont-ils
(souvent) de pair ?**

p. 26

Boussoles

p. 28

**Durable et locale : les habits
neufs de l'industrie ?**

p. 30

*« L'objectif de VINCI est de
mettre en œuvre 90%
de béton bas carbone d'ici
à 2030. »*

Entretien avec Isabelle Spiegel

p. 32

**Le grand chantier
des risques au travail**

p. 34

**Maintenance prédictive :
l'industrie à l'heure du soin**

p. 36

*« La mobilité est un
système qui va bien au-delà
des véhicules. »*

Entretien avec Pierre Delaigue

p. 38

**L'hydrogène vert au défi
du passage à l'échelle**

p. 40

Des mots dans le débat

p. 44

Voyageurs

p. 46

**Des solutions à l'épreuve
du terrain**

p. 48

**Accélérer, une histoire
à plusieurs**

p. 50

**Financement : la climate
tech à l'abri des crises ?**

p. 52

**Nouveaux mondes,
objets artistiques ?**

p. 55



2022

**Des rencontres, des conversations, des espoirs et des alertes :
2022 vue depuis Leonard au travers de quelques dates qui ont
particulièrement marqué l'année.**

Février

Lancement
du cycle d'événements
« Industrie et territoires
bas carbone : défis
d'une réindustrialisation
durable » (Leonard).

Avril

Le GIEC publie la troisième et
dernière partie de son 6^e rapport
d'évaluation, consacrée
aux modalités d'atténuation
du changement climatique.

Mai

Lancement de la consultation
citoyenne organisée
par La Rue commune
sur la transformation des
rues face aux défis
du XXI^e siècle (Leonard).

Juin

5^e édition du festival
Building Beyond :
« Villes et territoires : le visible
et l'invisible » (Leonard).

Août

L'été 2022 est officiellement
le plus chaud jamais enregistré
depuis 1880 selon la Nasa.
Toutes les régions du monde ont
fait face à des phénomènes
extrêmes : fonte des glaces,
sécheresses, inondations, feux,
pluies diluviennes, canicules...

Novembre

La COP 27 en Égypte se
conclut avec pour la première
fois un principe d'accord
sur un fonds d'indemnisation
des dommages causés par
le changement climatique.

2023

Sans boule de cristal, Leonard se projette dans le futur proche. Un soupçon de rêve, beaucoup d'anticipation, mais bien ancré dans le réel et le champ des possibles, voici ce que 2023 pourrait nous réserver.

PRÉDICTIONS

L'Inde dépasse la Chine en matière de population et devient donc le pays le plus peuplé au monde.
Probabilité forte

La climate tech passe en tête des investissements et des recrutements dans les secteurs technologiques.
Probabilité forte

Le premier fonds de financement de la résilience des pays du Sud au changement climatique est inauguré, suivant la décision prise lors de la COP 27.
Probabilité modérée

En pleine crise de la biodiversité, le premier mammouth génétiquement recréé fait son apparition, ouvrant la porte au retour de nombreuses espèces disparues.
Probabilité faible

System 03 de The Ocean Cleanup entame la dépollution du « continent de plastique » flottant actuellement dans le Pacifique Nord.
Probabilité forte

Les demandes pour des séjours *off-grid* explosent : pas de réseau mobile, de wifi, de télévision ou d'écran d'aucune sorte, la déconnexion totale.
Probabilité modérée





Géographies

À l'heure où le dérèglement climatique s'accélère, la nouvelle donne environnementale constitue le premier territoire des nouveaux mondes. Face à l'urgence, il ne suffit plus de penser aux améliorations possibles, il faut aussi songer à l'adaptation à un contexte inédit : renforcer la résilience des villes, où se concentre déjà plus de la moitié de l'humanité, inventer de nouvelles formes d'aménagement et faire avancer la transition par la coopération des différents échelons territoriaux. Pour faire advenir ce futur plus soutenable, les regards se tournent aussi vers l'océan. Celui-ci recèle de nombreux atouts, notamment énergétiques, à condition de veiller à ne pas fragiliser davantage son écosystème. Le monde numérique, enfin, est encore un autre territoire à explorer : les années à venir seront-elles celles d'une accélération du virtuel ? Des métavers aux NFT, nous serions à l'aube d'une révolution : celle de l'Internet décentralisé, façonné à grand renfort de blockchain, d'intelligence artificielle et de *cloud computing*. Ces « géographies » que nous nous attachons à décrire sont celles de ces territoires à explorer pour saisir de nouvelles opportunités.





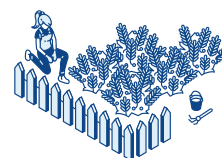
Cabinet de curiosités : vers une ville résiliente

Pour décrire le monde actuel, Edgar Morin évoque « *un festival d'incertitudes* ». Les crises écologiques, économiques, géopolitiques ou migratoires font peser sur les villes des risques nouveaux. Dans ce contexte, la nécessité d'une résilience – définie par l'écologue canadien Crawford S. Holling comme « *la quantité des désordres qu'un écosystème peut absorber tout en conservant ses fonctions* » – se fait jour pour les espaces urbains.

« Art de la crise et architectures pirates »

La résilience impose naturellement de changer de regard sur la ville et sa planification. Selon l'architecte Marco Stathopoulos, auteur d'une thèse sur la résilience urbaine¹, « *la ville résiliente est flexible et transformable, [...] le risque fait partie de ses fondements, tout comme les ressources qui peuvent s'en dégager* ». Cet équilibre dynamique s'accorde par définition assez mal avec la détermination de principes fixes. On note cependant des schémas récurrents propres à favoriser la résilience urbaine. Dans un cahier de solutions publié en 2021, le Plan Urbanisme Construction Architecture met ainsi en avant « *la sobriété foncière qui est à conjuguer avec l'offre d'espaces ouverts de qualité grâce à l'intégration de l'eau, des paysages, de la nature et de la biodiversité dans les projets. La renaturation des milieux urbains et la restauration des corridors écologiques (trames vertes et bleues) sont nécessaires pour lutter contre l'érosion de la biodiversité et atténuer les îlots de chaleur grâce à la désimperméabilisation des sols et à la circulation de l'air* ». Dans une autre étude², La Fabrique de la Cité rappelle quant à elle l'importance de la gestion des ressources, de l'économie circulaire, de nouvelles formes d'agriculture urbaine, d'un urbanisme modulaire et flexible et, de manière plus générale, de la mise en place d'une réflexion véritablement systémique. Dans les faits, au-delà des programmes institutionnels les plus ambitieux, ces

grands principes donnent lieu à des expérimentations plus ou moins structurées, toujours inventives et parfois surprenantes. Ce sont ces initiatives singulières que nous avons souhaité mettre en lumière dans ce cabinet de curiosités.

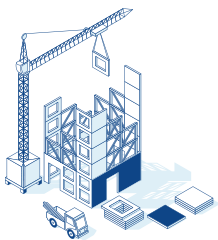


Alimentation : la ville résiliente cherche à se nourrir

L'autonomie alimentaire des villes françaises est aujourd'hui de l'ordre de 2%. S'il est naturel que les aires urbaines ne produisent pas la totalité de leur alimentation, une réflexion sur les « villes nourricières » peut diminuer la vulnérabilité aux crises et les dépendances logistiques tout en favorisant le lien social. En Argentine, la ville de Rosario a été récompensée pour un programme qui donne accès à une parcelle de terrain inexploitée aux habitants les plus pauvres. Le dispositif est aujourd'hui un modèle d'inclusion par l'agriculture. En Inde, la ville de Rourkela a mis en place un système de réfrigérateurs publics pour limiter les pertes des petits maraîchers. En France, la start-up Cycloponics valorise les friches souterraines urbaines en espaces de production alimentaire.

1. Marco Stathopoulos, *La résilience urbaine : art de la crise et architectures pirates*, Gollion, Infolio, 2020.

2. Chloé Voisin-Bormuth, « Résilience urbaine : face aux chocs et mutations délétères, rebondir plutôt que résister? », La Fabrique de la Cité, 2018.



Densité : la ville résiliente entre afflux et reflux

En 2022, l'ingénieur Philippe Bihoux publiait un plaidoyer pour une « ville stationnaire », capable de ne pas s'étaler sans pour autant se densifier. Il invitait alors à transformer, embellir, exploiter au mieux ce qui est bâti. Dans les faits, certaines villes explorent déjà les espaces urbains oubliés. C'est le cas d'Helsinki, qui publie depuis 2011 un « Underground Master Plan » destiné à favoriser la résilience urbaine. L'ambition est de transférer une plus grande partie des fonctions urbaines dans le sous-sol afin de permettre une densité plus faible en surface. À l'inverse, des villes comme Baltimore doivent faire face à des phénomènes de dépeuplement. On parle alors de *smart shrinkage* pour décrire l'accompagnement du déclin à travers l'implication des communautés, une planification et des solutions technologiques destinées à garantir une bonne qualité de vie à tous ceux qui restent sur place.



Nature : une alliée incontournable pour la ville

Une étude ayant été publiée en 2022 par des chercheurs de l'Institute for Global Health de Barcelone établissait une règle assez simple pour favoriser la santé mentale en ville : les 3 – 30 – 300. Cet indicateur part du principe que le fait de voir trois arbres depuis sa fenêtre, de vivre dans une zone qui est couverte à 30 % par de la végétation et de se situer à moins de 300 m d'un parc favorise une meilleure santé mentale. Cette forte corrélation entre nature en ville et santé plaide en faveur d'une vraie renaissance de la bio-inspiration urbaine. Le mouvement des villes biophiliques – c'est-à-dire mieux connectées aux écosystèmes naturels qui les composent – incarne bien ce retour d'une ville plus sauvage et moins aseptisée.



Catastrophes : la ville résiliente face aux grands événements climatiques

Amplifiées par le réchauffement, les grandes catastrophes naturelles sont amenées à voir leur fréquence augmenter. Une multiplication qui pousse les villes à délaissier le camp du chêne au profit de celui du roseau. L'exemple des « villes éponges » incarne bien ces nouveaux modes d'adaptation, imaginés en symbiose avec la nature. Il se traduit dans les faits par le développement de trames bleues (continuité des zones humides) ou par l'utilisation de nouveaux matériaux, comme le béton poreux d'AquiPor ou les dalles drainantes de Rain(a)Way. Dans le même ordre d'idées, les autorités de la ville de New York ont décidé de mettre à profit des solutions fondées sur la nature pour protéger Staten Island des vagues à la suite de la tempête Sandy. Le projet Living Breakwaters s'est ainsi appuyé sur une étude des écosystèmes marins pour limiter les risques tout en préservant les habitats naturels.



Smart : la technologie entre risque et solution

Lorsque l'on parle de résilience, les technologies numériques s'imposent à la fois comme une vulnérabilité et comme une partie de la solution pour les villes. Dans ce contexte, des villes comme Rotterdam développent des programmes de cyber-résilience destinés à assurer la sécurité numérique de la ville. Le programme FERM fixe ainsi comme objectif de réduire la vulnérabilité du célèbre port néerlandais aux risques cyber. Par ailleurs, d'autres solutions numériques permettent d'optimiser la gestion des ressources urbaines. En Allemagne, la mise en place d'un « *digital twin* » de l'usine de traitement de l'eau de Cuxhaven a fait diminuer de 1,1 million de kWh la consommation annuelle d'électricité, soit l'équivalent de la consommation de 275 foyers !



« La vraie raison d'être de l'urbanisme aujourd'hui, c'est l'adaptation. »



Lauréat du Grand Prix d'urbanisme 2022, Franck Boutté est ingénieur des ponts et chaussées et membre du collectif La Rue commune, dont Leonard est partenaire. L'approche pionnière du fondateur de Franck Boutté Consultants fait la synthèse des contributions de l'urbanisme, de l'ingénierie et de l'architecture pour apporter des réponses transdisciplinaires aux défis environnementaux. Leonard lui a posé quelques questions.

Vous défendez depuis de nombreuses années un urbanisme politique et engagé à travers un retour aux communs, la sanctuarisation de parts inconstructibles ou le concept de TEGPOS (territoire à énergie globale positive). À quelles conditions l'urbanisme permet-il de penser un avenir durable pour les villes et pour les territoires ?

Si par « durable », on entend « répondant aux défis du changement climatique », alors l'urbanisme a un nouveau défi à relever : celui de l'adaptation. On a jusqu'ici été du côté de l'atténuation des effets du changement climatique. Mais ces stratégies d'atténuation reposent pour l'essentiel sur des décisions extraterritoriales, régionales, nationales, voire internationales. L'urbanisme peut en être un levier, mais à la marge. Non, la vraie raison d'être de l'urbanisme aujourd'hui, c'est l'adaptation. Un bel enjeu qui nécessite de penser l'urbanisme différemment, comme un vecteur de transformation et de transition.

Qu'entend-on exactement par « adaptation » ?

L'avenir est en grande partie fait du présent, surtout dans nos pays du Nord à faible croissance

économique et démographique. 80 % des bâtiments de 2050 existent déjà aujourd'hui, mais presque aucun n'est adapté à demain. Adapter, c'est se poser des questions comme : où est-ce que l'on en est à présent ? Quels sont les risques auxquels nous sommes soumis ? Quels seront les aléas demain ? À quoi ressemble le chemin pour aller de l'état connu d'aujourd'hui à l'état supposé de demain ? C'est bien plus engageant que l'atténuation, qui tente de répondre aux problèmes actuels pour infléchir les trajectoires du réchauffement climatique. C'est un nouveau rôle pour l'urbanisme, bien plus local, avec des réponses extrêmement territorialisées, un commun à inventer et à partager pour se projeter dans un futur plus résilient, plus conscient de ses limites.

Qu'est-ce que ce changement implique pour les acteurs de l'urbanisme ?

Jusqu'ici, les acteurs de la ville étaient de bons prospectivistes, mais cette évolution va les obliger à devenir prospectivistes pour mieux anticiper, travailler des trajectoires et des scénarisations, comprendre les dynamiques à l'œuvre, s'installer dans ces dynamiques et créer les moyens de l'adaptation. C'est un grand changement qui nécessite d'intégrer les données d'un futur possible aux processus de transformation du présent. Mais c'est en ligne avec la façon

de travailler du GIEC, par exemple. Et puis le « futur » fait déjà des incursions dans le présent : regardez la crise sanitaire ou les catastrophes climatiques de l'été 2022, les scénarios se réalisent déjà.

Faut-il faire évoluer les façons de travailler ?

C'est évident. Et il ne s'agit pas de remplacer l'atténuation par l'adaptation, mais de les coupler, pour répondre à des temporalités différentes. Évidemment, tout doit être tenté pour atténuer autant que possible, agir pour minimiser les impacts; mais parallèlement, il faut adapter nos villes et territoires, c'est-à-dire intégrer une forme d'indéterminé et d'aléa au projet, et donc interroger notre approche des « risques naturels », en recourant à des méthodologies d'évaluation en temps réel. Pour travailler de façon prospective, il faut aussi aller chercher au-delà du champ classique de l'urbanisme pour s'appuyer sur les travaux scientifiques ou d'autres formes de scénarisation, en faisant appel à des auteurs, à des « imagineurs ». Il nous faut intégrer de nouveaux acteurs à la fabrique du projet. Cet élargissement, c'est un des apports de l'ingénierie écologique : un rapprochement entre les mondes, un urbanisme du « faire », de l'action, qu'a voulu notamment reconnaître le Grand Prix de l'urbanisme de 2022.

Cela pousse-t-il l'urbanisme à s'intéresser à d'autres champs ?

Oui, parce que l'adaptation se joue aussi beaucoup dans les vides, et il faut absolument s'y intéresser à nouveau. Les vides sont des impensés en matière d'aménagement puisque l'on ne mise que sur les pleins, les bâtis, les infrastructures. Or, on le voit dès que l'on commence à réfléchir aux questions des îlots de chaleur dans les villes, par exemple, les vides

sont un levier essentiel. C'est tout l'objet d'une initiative comme La Rue commune (voir encadré p. 14, *NDLR*) : là où la rue ordinaire cumule tous les fléaux, penser la rue comme un vide commun permet d'en faire une solution d'adaptation.

Quels sont les enjeux prioritaires dont doit se saisir l'urbanisme ?

On l'a dit, l'adaptation est la priorité numéro un. Mais c'est un vrai changement de braquet à opérer :

« Adapter le bâti, ce n'est donc pas qu'une question d'urbanisme : c'est un enjeu politique et social extrêmement important. »

un changement culturel, économique, politique et social. Ce sont des choix importants qu'il faudra avoir le courage de faire. 25% des logements existants sont par exemple déjà inadaptés aux conditions d'aujourd'hui. Et ce sont essentiellement les plus pauvres qui sont les plus vulnérables au changement climatique. Adapter le bâti, ce n'est donc pas qu'une question d'urbanisme : c'est un enjeu politique et social extrêmement important. D'autant qu'il y a aussi une pertinence économique à trouver dans des opérations qui doivent changer d'ambition : intervenir sur l'existant, réhabiliter pour adapter, cela coûte souvent plus cher que de construire du neuf dans un vide. Mais aborder les enjeux de l'artificialisation ou de la préservation de la biodiversité vient ajouter des éléments à une équation économique qui n'est pas facile à résoudre. Il faudra donc faire des choix, mais c'est à ces conditions que l'urbanisme, croisant les enjeux sociaux, économiques et environnementaux, pourra retrouver une raison d'être et contribuer à faire émerger un monde adapté.



Repenser la rue pour adapter la ville

En France, plus de 20 millions d'habitants traversent ou fréquentent chaque jour une rue. Et si demain, celle-ci devenait La Rue commune? C'est le défi que s'est lancé un collectif composé d'acteurs reconnus, aux échelles nationale et internationale, pour leur expertise en matière d'urbanisme, de paysage et d'architecture (Richez_Associés), de conception et d'ingénierie environnementales (Franck Boutté Consultants) ainsi que de procédés innovants de construction et d'aménagement urbains (Leonard).

Il existe deux façons de concevoir la ville résiliente : en partant d'« en haut », dans une logique de planification urbaine, ou au contraire d'« en bas », pour construire ensemble, en réunissant autour d'une même table décideurs publics et acteurs privés, professionnels de l'aménagement et usagers. Partisan de cette seconde approche, le collectif est convaincu que c'est dans les rues, qui constituent le premier bien commun des villes, que nous pourrions construire la ville post-Covid, post-voiture et post-carbone, en faisant converger qualité environnementale et qualités urbaines.

Soutenu par l'Ademe, le projet La Rue commune s'est ouvert par une consultation en ligne qui a mobilisé 25 000 participants entre mai et juin 2022. Plus de 800 propositions et 200 000 votes ont été collectés pour répondre à la question « Ensemble, comment pouvons-nous transformer les rues des grandes villes pour faire face aux enjeux du XXI^e siècle? ». Près de 80 experts ont ensuite planché de manière collégiale sur la rédaction d'un guide et d'une méthodologie



Représentation d'un projet de Rue Commune

pour identifier puis transformer les rues métropolitaines. Cette démarche en trois phases doit permettre d'organiser un espace commun, flexible et évolutif, support de sociabilité, de redonner la priorité au piéton, pour une ville apaisée et en bonne santé, d'amplifier la place de la biodiversité et la présence des vivants, de rafraîchir la ville, notamment grâce aux arbres, et de valoriser les eaux pluviales dans un cycle naturel. L'expérimentation commencera cette année pour un déploiement à l'échelle nationale en 2024.

« Dès que l'on commence à réfléchir aux questions des îlots de chaleur dans les villes, les vides sont un levier essentiel. »

**Franck Boutté,
Grand Prix de l'urbanisme 2022**

Pour aller plus loin : contacter Étienne Bourdais, responsable de projets chez Leonard.



La transition écologique, une affaire communale ?

Elles sont en première ligne face aux conséquences du changement climatique et sont souvent citées comme le premier maillon d'une réponse concertée face au défi environnemental. Et pourtant, mal équipées, peu dotées, agissant sur des temporalités électorales incompatibles avec l'urgence climatique, encombrées par des silos techniques freinant l'innovation et les partenariats, les villes françaises sont davantage en bout de chaîne qu'à l'avant-poste. C'est ce qu'un rapport de la chaire d'économie urbaine de l'Essec, élaboré en partenariat avec Leonard, met en lumière.

34 955 réalités mais des difficultés communes

Ce premier travail collaboratif entre Leonard et la chaire d'économie urbaine de l'Essec vise à dresser un état des lieux de la capacité des villes à identifier, organiser et renforcer leurs compétences en matière de transition écologique. Il s'appuie notamment sur des analyses documentaires et l'observation de quatre territoires aux situations représentatives de l'hétérogénéité hexagonale : les métropoles d'Aix-Marseille Provence et de Lille, la ville de Nevers et la petite ville de Tarnos, au sud des Landes.

Si ces quatre collectivités se saisissent des enjeux environnementaux différemment, en fonction des spécificités de leur territoire, force est de constater qu'elles cumulent les mêmes types de difficultés. La transition écologique s'inscrit dans le temps long mais nécessite des réponses immédiates ; or, le temps électoral n'est que très peu propice à la mise en place de plans suivis et adaptés à cette urgence. Une urgence qui est d'ailleurs appréhendée de diverses façons selon l'échelon de la collectivité : si les enjeux écologiques figurent tout en haut des préoccupations des Français et font l'objet de plans nationaux,



« La technologie seule ne suffira pas à relever le défi d'un aménagement durable car, de la persistance des silos administratifs à la séparation artificielle entre stratégie et mise en œuvre, les obstacles qui entravent la transition environnementale sont avant tout organisationnels et culturels. »

Julien Villalongue

ils ne sont que peu endossés par les équipes municipales, qui doivent composer avec des intérêts souvent contradictoires liés à l'économie locale.

La question de l'échelle est elle aussi au cœur des blocages : la décentralisation à la française n'a laissé que très peu d'autonomie aux communes sur les sujets environnementaux, ceux-ci revenant majoritairement aux régions. Le regroupement en EPCI¹, qui devait permettre d'envisager des plans de transition à une échelle territoriale plus pertinente, se traduit dans les faits par une dilution des compétences et par des stratégies qui peinent à voir le jour lorsqu'elles se confrontent aux intérêts politiques divergents de communautés regroupant souvent plus de 100 communes.

Les villes sont aussi engluées dans des organisations en silo, avec des directions techniques qui gèrent des périmètres hermétiques, ne permettant pas un travail transversal pourtant nécessaire en raison de l'ampleur des enjeux environnementaux. Cette fragmentation des compétences rend par ailleurs difficile, pour d'éventuels partenaires privés, l'identification du bon interlocuteur, capable de coordonner les expertises pour mener à bien de véritables transformations. Ces freins structurels sont également des obstacles à l'innovation et à la diffusion d'une culture du risque, essentielle lorsqu'il s'agit d'inventer des réponses inédites à des problématiques nouvelles.

Mieux faire ensemble

Cette question de la transversalité pourrait être partiellement résolue par de meilleures opportunités de partenariat public-privé. L'idée du développement d'une ingénierie ensemblière est au cœur du rapport de l'Essec et de Leonard, qui montre la nécessité de faire évoluer les caractères de la commande publique et les modèles économiques. Les services déconcentrés de l'État n'étant que peu présents pour assister les communes dans la définition de leur planification écologique, le secteur privé pourrait contribuer à combler ce manque, à l'instar de ce qu'ont pu faire Londres ou Barcelone. C'est donc une évolution aussi bien technique que culturelle qui sera nécessaire si l'on veut faire de la transition écologique une réalité locale. Si aucune échelle ne saurait être exclusivement adaptée à la mise en œuvre des réponses aux enjeux colossaux du dérèglement climatique, c'est par la coordination et l'accompagnement que l'action publique pourra gagner en efficacité, en lisibilité et en acceptabilité.

Pour aller plus loin : contacter Isabelle Lambert, responsable de la prospective chez Leonard.

1. Établissements publics de coopération intercommunale.

Explorer les enjeux d'une économie bleue durable

La mer et les océans offrent de nombreuses opportunités d'emploi, d'innovation et de réponse aux défis mondiaux. Mais alors que le dérèglement climatique a déjà des impacts sur les écosystèmes marins, il est plus que jamais nécessaire de veiller à ce que le développement des activités respecte les ressources et la biodiversité. De la décarbonation des ports aux énergies marines renouvelables, en passant par la protection des côtes et la pêche durable, comment faire advenir une économie bleue durable ?

Ils couvrent 70% de la surface de la planète, et fournissent des services inestimables sur les plans économique, social, environnemental et culturel. Ils renferment des trésors de biodiversité encore très largement inconnus et abritent de potentielles solutions qui pourraient changer la donne dans les défis posés par le changement climatique. Mais la mer et les océans, c'est aussi une économie qui pèse lourd : 3 000 milliards de dollars par an à l'horizon 2030 et 40 millions d'emplois au moins selon les estimations de l'OCDE. Un secteur en développement constant dont l'avenir est scruté de près mais qui est encore peu réglementé. Pour préserver tout son potentiel, il est ainsi grand temps d'envisager une économie plus durable pour les espaces maritimes et côtiers. C'est tout l'objet du cycle de conférences organisé en 2022 par Leonard et la Sustainable Ocean Alliance (SOA), dont voici quelques enseignements.

Investir durablement : les défis de l'économie bleue soutenable

La mer, un vivier économique et technologique ? Envisager le milieu maritime et côtier comme une ressource est bien au cœur du problème : d'ores et déjà, les populations de poissons s'épuisent, l'acidification s'accroît, la biodiversité s'écroule ; de quoi remettre en question notre façon de penser la mer. « *On a longtemps parlé de conservation, mais que conserver maintenant que nous avons détruit une grande partie de l'océan ? Nous avons besoin de régénération* », avance Christian Lim, Managing Director de SWEN Capital Partners. L'innovation est la clé, comme le rappelle Catherine Chabaud, ancienne navigatrice, députée européenne et ex-déléguée à la mer et au littoral, car pour la mer, tout ou presque reste à inventer. Il faut imaginer des infrastructures à impact positif qui permettront notamment la décarbonation du transport maritime et des ports. Les actions de dépollution des océans, aussi bien en amont qu'en aval, doivent concentrer les efforts d'innovation. Par ailleurs, le développement d'énergies marines renouvelables est une nouvelle frontière à explorer pour répondre aux enjeux

de la transition énergétique, à condition toutefois de préserver ces espaces déjà menacés et d'y emprunter le moins possible.

Pour ce faire, la question des financements est cruciale, et il faudra miser autant sur les fonds publics que privés pour dynamiser les investissements dans l'économie bleue, encore trop souvent freinés ou redirigés vers des priorités jugées plus urgentes ou rentables. Enfin, il ne sera pas possible de faire l'économie d'une refonte de la gouvernance de la mer pour aligner les objectifs et les moyens d'action à l'échelle mondiale et faire de l'océan un espace de coopération, tout en assurant sa survie face aux dangers de la surexploitation.

La mer, objet d'interfaces

La moitié de l'humanité vit à moins de 150 km du littoral, et 90% des échanges commerciaux mondiaux passent par les ports. Mais ce rapport de l'homme à la mer est plus en tension que jamais. La montée des eaux due au changement climatique fait craindre des déplacements à grande échelle et pousse à remettre en question notre rapport aux espaces côtiers. Longtemps vue comme une menace, l'évolution du trait de côte est de plus en plus appréhendée comme un phénomène mouvant avec lequel il faut apprendre à composer. Il n'est plus question de dominer la mer mais de vivre avec, ouvrant un champ des possibles que seule la science-fiction avait jusqu'ici exploré.

Du côté des ports, l'heure est aussi à la révolution : rouages essentiels de nos sociétés de consommation, ils doivent aujourd'hui faire face aux défis de la décarbonation et de la digitalisation, mais également se réinventer un rôle dans un avenir plus durable. Sauront-ils saisir les opportunités en matière d'énergies renouvelables pour devenir de vrais hubs au confluent de la production des énergies offshore et de la distribution des énergies onshore ? Pourront-ils contribuer à la transformation puis à la pérennisation d'économies décarbonées, à la fois en mer et sur terre ? Une chose est certaine : l'avenir de la Terre se joue clairement aussi en mer.



Les énergies marines renouvelables ont le vent en poupe

Elles ne représentent que 28 % du mix électrique mondial mais 90 % des évolutions en capacité sur les cinq prochaines années¹ : les énergies renouvelables sont déjà un des leviers principaux pour atteindre les objectifs climatiques à l'horizon 2050. Si le solaire et l'éolien terrestres se sont, depuis une bonne décennie, attribué les plus grandes parts du marché, beaucoup regardent désormais vers la mer. Les énergies marines renouvelables (EMR) seraient en mesure d'assurer jusqu'à plus de cinq fois² nos besoins en électricité à l'échelle mondiale. Dans le cadre du cycle de conférences organisé avec la SOA (voir p. 17), Leonard s'est intéressé de près à ce nouvel Eldorado de l'énergie.

La promesse des éléments

Au jeu des possibles, la mer est la grande gagnante dans la catégorie énergie. L'Agence internationale de l'énergie lui attribue un potentiel de production de 20 000 à 90 000 TWh/an (hors éolien), pour une consommation mondiale annuelle actuellement de l'ordre de 16 000 TWh. L'Union européenne possède la plus grande zone économique exclusive du monde, soit le plus grand territoire maritime, avec 18 millions de km², la France à elle seule en représentant plus de 10 millions. Une ressource gigantesque mais où tout reste encore à faire, ou presque : l'UE a annoncé sa volonté de décupler sa capacité de production (hors éolien), aujourd'hui infime, pour passer de 1 GW en 2030 à 40 GW en 2050³. En France, les parlementaires ont planché sur une loi « relative à l'accélération de la production d'énergies renouvelables », réponse à court terme à la crise énergétique comprenant notamment un volet pour l'éolien en mer. Mais, même dans l'urgence, le développement de ces renouvelables est encore loin de ressembler à une révolution.

Pourtant, en matière d'énergies marines renouvelables, le choix ne manque pas. L'énergie **hydrolienne** utilise le mouvement des courants à la manière d'une éolienne sous-marine. L'énergie **marémotrice** s'appuie sur le mouvement des flux et reflux de marée pour alimenter des barrages. L'énergie **houlomotrice** mise sur le passage de la houle, avec des dispositifs

en pleine mer ou près des côtes. L'énergie **thermique** ou **hydrothermique** exploite la différence de température entre les eaux superficielles et les eaux profondes des océans, là où l'énergie **osmotique** se fonde, elle, sur le gradient de salinité entre l'eau de mer et l'eau douce.

On pourrait ajouter à ce panorama l'**éolien offshore**, flottant ou fixé, peut-être le renouvelable non terrestre le plus développé avec déjà près de 15 GW installés en Europe. Son marché mondial est estimé à 86 milliards de dollars d'ici à 2026, dominé à 90 % par l'UE. On pourrait aussi évoquer le SWAC (Sea Water Air Conditioning), un système de climatisation où le froid est produit grâce à un réseau alimenté par de l'eau puisée en grande profondeur. Sans être directement une énergie marine renouvelable, ce dernier ouvre d'énormes possibilités, notamment dans les régions où le refroidissement des systèmes électriques est, en soi, un enjeu énergétique critique.

Un horizon à désempuer

Il y a d'abord la question du consensus technologique. Ces énergies n'ont rien de nouveau en tant que principe : on en connaît le potentiel depuis des siècles. Mais transformer le mouvement en électricité est avant tout une question de maîtrise technique et d'innovation, et peu s'accordent encore sur le moyen d'y arriver. Ceci rend complexe la navigation dans cet océan de possibles pour de potentiels

1. Rapport « Renewables 2022 », Agence internationale de l'énergie, décembre 2022.

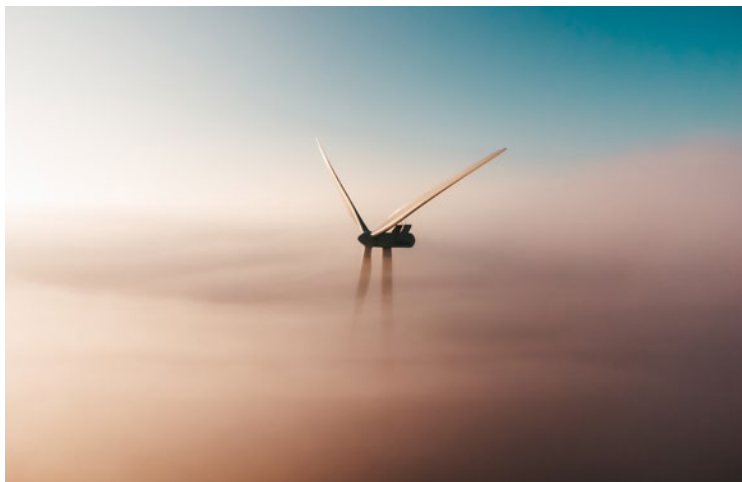
2. Énergies marines renouvelables, ecologie.gouv.fr.

3. EU Strategy on Offshore Renewable Energy, 19 novembre 2020.

investisseurs, la puissance publique ou les entrepreneurs souhaitant bénéficier de la dynamique d'un écosystème. En matière d'énergie hydrolienne, la convergence technologique semble par exemple profiter aux turbines horizontales, mais l'arrivée des kites, pouvant opérer dans des courants de plus faible puissance, rebat les cartes. Dans l'énergie houlomotrice, bien moins mature, plus de dix technologies différentes sont encore en course et aucune convergence en vue.

Il y a ensuite la question du financement. Convaincre les investisseurs privés n'est pas aussi évident que pour les autres types de renouvelables : les schémas traditionnels du capital-risque ne profitent qu'aux technologies les plus mûres ; or, les EMR restent dans une zone grise où tout reste à inventer, et franchir la barre des premiers 500 MWh est une étape critique que peu d'entrepreneurs atteignent. L'argent public arrive mais lentement. L'UE a certes investi plus de 4 milliards d'euros en dix ans dans le développement du secteur, mais cela a majoritairement profité à l'éolien offshore, déjà éprouvé. La concurrence entre les énergies renouvelables n'est pas non plus à minimiser : la mer est vaste, mais chaque concession s'arrache à prix d'or, et là encore, les technologies les plus matures ont plus de chances de convaincre. D'autant que ces projets font souvent face à des oppositions politiques ou citoyennes et au phénomène Not in My Backyard, comme pour de nombreux projets de champs éoliens en France. Le timing est pourtant crucial : si l'UE entend continuer à garder la main, elle devra investir massivement et rapidement car en face, la Chine et les États-Unis s'activent, avec des objectifs à 200 et 86 GWh respectivement d'ici à 2050.

Il y a, enfin, la question politique et réglementaire : le cadre du développement des énergies marines reste flou et peu coordonné. Des initiatives émergent, au détour des plans d'investissement européens ou nationaux, mais sans pour autant définir une feuille de route claire à partir de laquelle les acteurs pourraient s'organiser. Dans ce Far West, peu de stabilité et de



leadership, sans doute parce qu'« *économistes comme politiques pensent en périodes de cinq ans* », comme le soulignait Irina Lucke, Division Manager d'Omexom, lors de la table ronde consacrée à ce sujet organisée par Leonard et la SOA. « *L'un des principaux défis que devra relever le secteur des énergies marines consiste à se fixer des objectifs clairs. Si nous voulons lutter contre le changement climatique et aider les EMR à franchir une nouvelle étape, nous devons débattre de nos priorités et de la co-utilisation le plus tôt possible, et éviter les erreurs commises avec les énergies offshore.* »

Les vertus de la co-utilisation

La co-utilisation, c'est justement l'une des nombreuses raisons de croire à l'avenir des EMR : dans un milieu naturel à protéger, chaque mètre carré compte. Le développement des EMR pourrait être envisagé dans le cadre de fermes marines associant plusieurs technologies, de l'éolien à l'hydrolien en passant par le thermique. Les technologies d'EMR sont bien plus efficaces en ce qui concerne le ratio rendement/ encombrement : une hydrolienne est conçue pour un milieu (l'eau) plus dense que l'air et a donc un rendement en énergie cinétique, selon les estimations, 830 fois plus important qu'une éolienne. Un même parc pourrait ainsi facilement jouer la complémentarité, s'assurant par là contre l'intermittence d'une technologie unique.

Elles pourraient aussi suivre la même trajectoire de développement que les énergies renouvelables terrestres, avec un coût de production en baisse



constante, pour arriver autour de 2030 à 0,10 €/kWh pour les technologies les plus matures⁴. Elles sont également un terrain d'innovation et de compétitivité crucial pour l'Europe et les industries de l'UE, avec, à la clé, des enjeux de souveraineté et d'indépendance pour les économies communautaires.

Une opportunité pour les zones littorales et côtières

Les EMR représenteraient quelque 500 000 emplois d'ici à 2050⁵, notamment dans des communautés littorales ou insulaires particulièrement touchées par la désindustrialisation ou la transformation des économies de la mer. Elles permettraient de revitaliser et de décarboner les ports, en leur offrant des perspectives inédites en tant que hubs énergétiques. Et avec plus de la moitié de l'humanité vivant à moins de 150 km du littoral, elles sont une source d'énergie produite à proximité du consommateur final, réduisant l'impact carbone des infrastructures et offrant l'opportunité aux communautés locales de se saisir de leur propre autonomie énergétique dans une logique de décentralisation de la production d'électricité.

La co-utilisation limiterait l'étalement des infrastructures de production d'énergie et pourrait aussi être un encouragement à mieux structurer les filières de recyclage, encore balbutiantes, avec des secondes vies pour les éoliennes, par exemple.

Si leur avenir reste encore à écrire et que leur trajectoire dépend encore beaucoup de choix politiques et de priorités d'investissement, les EMR possèdent, on le voit, de nombreux atouts pour prendre toute leur part dans l'évolution de notre mix énergétique. Elles pourraient être à l'origine d'une boucle vertueuse pour tous les acteurs de la mer, à condition de ne pas répéter les erreurs du passé et de travailler dans le sens du courant.

4. Strategic Energy Technology Plan, Commission européenne, 2021.

5. « A study into the potential value offered to Europe from the development and deployment of wave and tidal energy to 2050 », ETIP Ocean, 2021.



4 pionniers d'une économie bleue durable accompagnés par Leonard

Offshore Windfarm : la maintenance prédictive des éoliennes offshore grâce à l'IA

L'éolien en mer pourrait devenir la première source d'énergie en Europe d'ici à 2050, selon l'Agence européenne de l'énergie. Avec déjà plus de 7 000 turbines installées dans le monde, c'est un marché en pleine accélération. Mais l'exploitation d'un parc comporte son lot de difficultés, au premier rang desquelles la maintenance. Complexe à anticiper et à réaliser dans des installations peu accessibles, le moindre souci technique peut représenter des dizaines de milliers d'euros de perte par jour. Un générateur qui tombe en panne, c'est une éolienne hors service pour plus de trente-cinq jours. Offshore Windfarm, développé par Omexom Offshore (VINCI Energies) dans le cadre du parcours IA de Leonard, est une solution de maintenance prédictive fondée sur l'intelligence artificielle. Elle permet d'anticiper la défaillance d'un générateur pour programmer son remplacement et ainsi limiter le temps d'indisponibilité. La solution s'appuie pour cela sur les capteurs déjà présents dans l'éolienne. En comparant le comportement réel de l'éolienne à un modèle idéal prédéterminé, la solution est capable d'alerter l'exploitant pour lui indiquer de commander les pièces nécessaires ou de solliciter l'intervention d'un navire. Dès ses premiers essais en Allemagne, Offshore Windfarm a permis la détection de plus de la moitié des défaillances en moyenne 180 jours avant leur survenance.



Observareo : l'inspection des pales d'éoliennes offshore facilitée par des drones et l'IA

Inspecter les pales d'éoliennes installées en pleine mer à plusieurs kilomètres des côtes n'est pas une opération facile. Le procédé requiert l'intervention d'une équipe de techniciens et l'immobilisation de chaque turbine pendant au moins douze heures, ce qui représente une perte importante pour l'exploitant. Lennart Reepschläger (Omexom Offshore) a eu l'idée de proposer une technique d'inspection plus légère mais tout aussi efficace : mobiliser des drones et l'analyse par IA pour évaluer précisément l'état des pales et leur conformité avec les exigences réglementaires. Accompagné dans le cadre du programme intrapreneurs de Leonard, Lennart a pu tester la pertinence de son Next Level Rotor Blade Service : un temps moyen d'indisponibilité réduit à une heure et demie et un coût d'intervention divisé par six. Sa solution a déjà trouvé ses premiers clients et a convaincu les autorités régulatrices allemandes, qui en ont fait un organisme officiellement accrédité pour les inspections quadriennales.

WaveX : le pouvoir de la houle à portée de main

Ce projet de start-up, dirigé par Thomas Allen et Clément Puech, qui est accéléré dans le cadre du programme SEED 2023, développe une solution fondée sur la récupération de l'énergie houlomotrice. La

technologie propriétaire inventée par WaveX se veut plus légère, plus économique et plus facile à installer que celles qui sont déjà présentes sur ce marché estimé à près de 20 milliards de dollars. Posée sur le sol marin à quelques kilomètres des côtes, elle repose sur un principe de turbine enterrée qui ne perturbe pas les écosystèmes et permet même de contribuer à lutter contre l'érosion et le désensablement des plages. D'une capacité variable, la solution de WaveX peut être déployée en petites unités de 0,3 MW pour des communautés insulaires isolées ou en dispositifs de 1,5 MW pour des réseaux plus importants. Après une première phase de preuve de concept en 2021-2022, un prototype sera bientôt testé.

Geocean : un leader du SWAC pour décarboner la climatisation

La technologie SWAC (Sea Water Air Conditioning) pompe et fait circuler l'eau des profondeurs de l'océan dans une boucle ouverte ou fermée pour refroidir des bâtiments et ainsi économiser l'énergie nécessaire à la climatisation des infrastructures. En 2021, Geocean, filiale de VINCI Construction Grands Projets, a décroché un nouveau contrat pour équiper le centre hospitalier de Polynésie française de Papeete avec le plus long SWAC du monde. Il vise à permettre à l'établissement d'économiser près de 3 millions d'euros par an sur sa facture énergétique. L'entreprise avait déjà installé le SWAC de l'hôtel *Le Brando* sur l'atoll de Tetiaroa en 2011.





Métavers : entre nouvelle frontière et BIM augmenté

Entre fantasme de science-fiction et « futur d'Internet », le métavers reste un concept difficile à appréhender. Sans annoncer de révolution immédiate pour le secteur du bâtiment et des infrastructures, il soulève de nouvelles questions et invite à penser l'avenir de la modélisation des données du bâtiment (BIM).

Le métavers, un secteur du BTP 2.0 ?

Le concept de métavers reste nébuleux et a autant de définitions qu'il existe d'experts du sujet. L'acception la plus stimulante pour les secteurs de la construction et de l'énergie est sans doute celle d'un « nouveau territoire numérique ». Elle pose la question de l'organisation d'espaces de vie ou de travail virtuels qui à la fois génèrent des contraintes techniques nouvelles et mobilisent des expertises plus traditionnelles. Comme l'explique Neil Riemer, fondateur de la plateforme de jeux en ligne Roblox, le succès du métavers est directement lié aux contenus créés par les utilisateurs. Sans activité ni créateurs, les plateformes restent impuissantes : Meta a pu le constater avec un Horizon Worlds désespérément vide. C'est ici que les architectes entrent en jeu. Ils trouvent dans le métavers un terrain de jeu sans limite, l'occasion d'explorer l'idée d'« espace public virtuel », de laisser libre cours à une créativité souvent bridée par les lourdes contraintes du réel. C'est aussi un lieu qui permet de sauvegarder des lieux disparus ou de tester dans un bac à sable virtuel des solutions réelles.

L'immobilier dans le métavers, un mirage ?

En 2020, l'artiste canado-coréenne Krista Kim vendait la première maison en NFT (Non-Fungible Token) pour 500 000 dollars : la Mars House. L'euphorie autour du concept de métavers a ensuite provoqué une forme de ruée vers les terrains numériques. La transaction record concerne un terrain acheté sur The Sandbox pour 4,3 millions de dollars par l'entreprise d'immobilier Everyrealm. Aujourd'hui, les différentes plateformes n'ont pas (encore ?) trouvé leur public, et les prix se sont effondrés : c'est une baisse de 97 % qui a ainsi été constatée entre novembre 2021 et juin 2022 sur The Sandbox et Decentraland. Cette hypervolatilité peut être attribuée à tout un faisceau de facteurs : 1) les métavers sont encore très embryonnaires et n'ont pas séduit le grand public ; 2) l'espace numérique est presque infini, et il est donc plus difficile d'y créer de la rareté ; 3) la disparition d'une plateforme entraîne celle des biens qui s'y trouvent, ce qui constitue un risque important pour les investisseurs !

De nouveaux métiers pour la construction ?

Longtemps décrié pour son inertie, le secteur de la construction a récemment entrepris une mue numérique en profondeur. Le secteur du BIM en particulier a donné naissance à toute une gamme de nouveaux métiers (BIM Manager, modèleur ou coordinateur, pour n'en citer que quelques-uns). Les promesses du métavers s'inscrivent dans le prolongement de cette transformation, et certains professionnels saisissent l'opportunité. C'est le cas d'Alexandre Ogar, qui se positionne comme « *architecte et designer de bâtiments virtuels pour les métavers les plus populaires comme Somnium, Voxels, The Sandbox et Decentraland* ». Au-delà de la construction, le métavers s'invite dans les modes de gestion des infrastructures ou de la ville, permettant d'imaginer de nouveaux rôles. Avec Metaverse Seoul, la capitale coréenne fait figure de pionnière. La plateforme est conçue comme un jumeau numérique de la ville, offrant la possibilité aux habitants d'accéder à de nouveaux services, tout en centralisant les outils de maintenance ou de planning urbain. Pour mener à bien ce projet, la ville prévoit la création de 40 000 emplois, de l'agent d'accueil virtuel au développeur spécialisé. Le maire lui-même s'est prêté au jeu en répondant aux questions de ses administrés depuis le nouvel espace virtuel.

Le métavers au travail

Le métavers formule également des promesses pour le futur du travail dans le secteur de la construction. Encore une fois, il s'agit de pousser au maximum le potentiel du BIM en proposant des environnements plus immersifs, propres à faciliter les collaborations à distance, même sur des sujets complexes. The Wild, une start-up qui se décrit comme une plateforme de « *collaboration en réalité virtuelle pour l'industrie de la construction* », distingue cinq bénéfices principaux du métavers pour l'industrie du BTP : la collaboration à distance, le prototype rapide de variations architecturales, une coordination BIM immersive, le test en direct d'options de finition avec les clients et enfin des présentations plus sensorielles des projets aux parties prenantes.

Avant le métavers, les jumeaux numériques ?

Une des définitions les plus ambitieuses du métavers est sans doute celle du célèbre VC Matthew

Ball, qui décrit un univers persistant, synchrone, capable de créer un sentiment de présence tout en proposant une économie fonctionnelle. Ce fantasme de science-fiction digne de *Ready Player One* paraît certainement encore éloigné de notre quotidien. En revanche, ses premières incarnations industrielles ouvrent la porte à des transformations importantes. Les fameux jumeaux numériques sont en effet en train de devenir incontournables dans la plupart des secteurs de l'industrie. Dans la construction, ils permettent d'optimiser le fonctionnement des édifices, de limiter leurs consommations ou de procéder à des ajustements au cours du cycle de vie. Ils représentent une forme d'aboutissement des principes du BIM. Les BIM d'Or 2022 ont d'ailleurs récompensé un certain nombre de projets faisant appel aux *digital twins*, comme la numérisation du patrimoine existant d'Eau de Paris, destinée à diminuer les futurs coûts de travaux en facilitant les visites virtuelles ou les recherches documentaires.

Au-delà de la dimension professionnelle et technique, les jumeaux numériques permettent d'imaginer de nouvelles formes d'immersion, des voyages dans le temps ou encore l'émergence d'un tourisme « immobile ». L'exposition « Venise révélée », proposée au Grand Palais immersif du 21 septembre 2022 au 19 février 2023, illustre bien cette tendance. Grâce à la photogrammétrie, cette expérience virtuelle invite en effet à découvrir la cité des Doges et son histoire sans quitter Paris.

Construire dans le métavers, une ambiguïté écologique

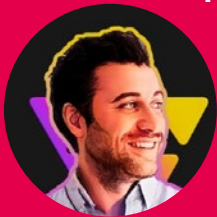
Intuitivement, construire dans le métavers représente une économie considérable d'énergie et de matières premières : administrations numériques, showrooms virtuels et bureaux en réalité virtuelle consomment moins que le bâtiment « en dur », qui constitue aujourd'hui environ 38 % des émissions mondiales de CO₂. Dans le même temps, Intel estime que la mise en place du métavers demandera une multiplication par mille de la puissance de calcul disponible. Alors que le numérique représente déjà 3 ou 4 % au moins des émissions de gaz à effet de serre dans le monde, c'est la promesse d'une croissance incontrôlée de son empreinte environnementale. En somme, le métavers peut se révéler vertueux, mais uniquement s'il participe à un report d'usages massif vers le numérique.



Récits des mondes virtuels

Lors d'une table ronde organisée par Leonard dans le cadre du festival Building Beyond en juin dernier, plusieurs experts ont été invités à exposer leur vision du métavers et à explorer les champs d'application possibles de cette technologie. Verbatim.

« La propriété est une notion clé quand on veut construire sur le Web 3 et le métavers. Je suis propriétaire de ma maison, pourquoi ne serais-je pas aussi propriétaire de mes actifs digitaux ? Sachant que pour la jeune génération, il n'y a pas de frontière entre le réel et le digital. »



Kristofer Moisan
CEO de Wytland

« Le métavers est un nouvel univers. On y va pour le découvrir, le comprendre, y explorer les nouveaux usages, rencontrer des gens qui y sont, des experts des nouvelles technologies qui vont potentiellement nous aider à construire l'assurance de demain. »



Cyrille Magnetto
VP Innovation d'Axa France

« La Covid a augmenté les usages en demande de contenus digitaux, et elle a notamment accéléré la vente de casques autonomes. »



Jeanne Marchalot
Responsable du StoryLab de France TV

« Je ne crois pas du tout à un métavers où on aurait tous des casques sur la tête. Petit à petit, les terminaux vont disparaître, et on va se retrouver avec des équipements implantés dans nos rétines. La question du métavers converge donc avec celle du transhumanisme : le métavers deviendra quelque chose de naturel à partir du moment où ce sera quelque chose d'intégré dans nos corps. Je ne dis pas que c'est bien, mais c'est vers ça qu'on se dirige. D'un point de vue éthique, il n'y a pas de sujet plus intéressant que le métavers aujourd'hui. »



Benoît Baume
Fondateur du magazine *Fisheye*
et du VR Arles Festival



« Cela fait plusieurs années que les armées travaillent sur le concept de guerres numériques, mais le métavers apporte une autre dimension, notamment en matière de manipulation de l'information et de partage du réel. À partir du moment où vous êtes sur une plateforme qui vous dicte quelles sont vos réalités, c'est très compliqué de savoir qui écouter et comment s'orienter. »

Jean-Baptiste Colas
Agence de l'innovation de défense
du ministère des Armées



Pourquoi blockchain et métavers vont-ils (souvent) de pair ?

Parce qu'elle constitue un moyen révolutionnaire de stocker et de transférer de l'information sur Internet de manière immuable, sécurisée et sans tiers de confiance, la blockchain peut servir à construire le type d'écosystème numérique dont rêvent les tenants du métavers.

Technologie révolutionnaire pour les uns, pyramide de Ponzi pour d'autres, la blockchain n'en finit pas de susciter d'âpres débats. En 2022, outre l'actualité explosive de la crise des cryptomonnaies, c'est particulièrement à travers le prisme de son interaction avec le métavers que la technologie blockchain a été passée au peigne fin par Leonard au cours de plusieurs ateliers de prospective.

Le métavers se trouve en effet à la croisée de plusieurs technologies de pointe, dont le jeu vidéo, les mondes permanents, la réalité virtuelle et augmentée, ainsi que la blockchain. Cette dernière constitue un moyen révolutionnaire d'échanger de l'information de manière sécurisée, immuable et sans tiers de confiance sur Internet. L'un des usages les plus populaires de cette technologie consiste à transférer de la valeur, par exemple à travers les cryptomonnaies.

L'Internet de la valeur

L'un des premiers avatars de la blockchain, le bitcoin, applique ce principe. Si j'envoie un document ou une image par e-mail ou par les réseaux sociaux, le document ou l'image existera en deux exemplaires, sur mon ordinateur et celui de la personne à qui je l'ai envoyé(e). Mais si j'effectue un paiement en bitcoins, l'argent n'est naturellement pas dupliqué : grâce à la blockchain, il quitte mon portefeuille virtuel pour rejoindre celui du bénéficiaire.

On peut bien sûr obtenir le même résultat en transférant des euros par sa banque, mais on doit alors passer par un tiers de confiance (la banque), qui exerce un certain contrôle sur la transaction. Avec la blockchain, le besoin d'un tiers est aboli, et l'on peut donc réaliser des transactions librement et

de manière anonyme. Si l'échange de monnaie virtuelle est à l'heure actuelle l'usage le plus connu de la blockchain, les possibilités de cette base de données immuable, sécurisée et décentralisée vont bien au-delà : elle peut aussi servir à héberger des contrats, à stocker des œuvres d'art numériques ou encore à tracer la chaîne de valeur d'un produit.

Des NFT au métavers

Les NFT (Non-Fungible Tokens), dont on a beaucoup parlé en 2022, sont des titres de propriété numériques fondés sur la blockchain, avec lesquels il est possible d'authentifier et de tracer la valeur d'un bien, notamment virtuel, sur Internet.

Ils sont utilisés pour vendre des œuvres d'art numériques, comme les célèbres Bored Apes, ces portraits de singes anthropomorphes portant casquette, chaîne en or ou casque militaire ou bien tirant des lasers avec les yeux, qui s'arrachent pour l'équivalent de centaines de milliers d'euros en cryptomonnaies. Mais aussi des vidéos et des albums de musique : le chanteur et guitariste de Linkin Park, Mike Shinoda, a ainsi vendu à ses fans une playlist exclusive, baptisée « Ziggurat », sous forme de NFT.

Quel rapport alors avec le métavers ? L'un des objectifs de ce dernier est de construire un univers virtuel composé d'une multitude de mondes interconnectés, chacun doté de son écosystème et de sa propre économie. Or, les propriétés de la blockchain en font l'outil idéal pour créer et transférer de la propriété numérique dans ces mondes virtuels.

Dans le métavers, les NFT peuvent par exemple permettre d'acheter un avatar pour son personnage mais aussi des objets pour devenir plus puissant dans un

jeu. Surtout, la blockchain et les NFT permettent de mettre sur pied une véritable économie parallèle : une communauté virtuelle qui souhaite se développer peut ainsi décider d'émettre une monnaie numérique qui sera distribuée à chacun des membres sous forme de jetons numériques (« tokens »).

Blockchain et prise de décision

En plus de rendre possibles des transactions financières dans le métavers, ces jetons confèrent des sortes de titres de propriété numériques. Leurs porteurs possèdent une partie de cet univers virtuel et peuvent donc voter pour influencer son évolution (étendre l'univers, accueillir de nouveaux membres, changer l'apparence ou les règles, etc.).

En effet, l'aspect décentralisé de la blockchain en fait un excellent outil non seulement pour échanger de la valeur sans tiers de confiance, mais aussi pour prendre des décisions sous forme démocratique à grande échelle, chaque participant du réseau utilisant alors la blockchain pour voter plutôt que pour transférer de la valeur.

C'est toute l'idée de la plateforme Decentraland, un monde virtuel où les participants peuvent jouer à divers types de jeux, mais également faire des rencontres virtuelles, s'instruire et visiter des expositions d'œuvres digitales. Decentraland n'est pas détenue par une entreprise mais par sa propre communauté de joueurs : c'est une Decentralized Autonomous Organization, une entreprise décentralisée et autonome fondée sur la blockchain. La plateforme est ainsi dotée de sa propre monnaie, le MANA, qui permet à ses détenteurs de faire des achats dans le jeu, afin d'acquérir par exemple des parcelles de terrain virtuel, mais leur assure aussi un pouvoir de décision au sein de la communauté.

Inventer de nouveaux modes d'interaction

Certaines marques misent déjà sur le potentiel de cette communauté en ligne : Vice Media a ainsi ouvert un bureau dans Decentraland, tandis que Samsung a dévoilé l'un de ses nouveaux téléphones dans sa boutique virtuelle située sur la plateforme. Car au travers de la blockchain, des NFT et du métavers, ce sont de nouvelles possibilités de former des communautés en ligne qui se développent, de nouvelles manières d'interagir les uns avec les autres. La marque Decathlon s'y est essayée à travers son projet Barrio, dans le cadre duquel une paire de chaussures de football conçue par le champion Séan Garnier a été vendue adossée à un NFT.

Ce dernier permet à ses détenteurs d'accéder à différents contenus exclusifs, dont un live vidéo avec

Les propriétés de la blockchain en font l'outil idéal pour créer et transférer de la propriété numérique dans ces mondes virtuels.

Séan Garnier et un accès à des informations confidentielles sur le processus de création des chaussures ainsi qu'au Barrio Club, un monde virtuel où la communauté peut s'exprimer sur des choix de conception pour le reste de la gamme et participer à des concours pour gagner des cadeaux.

Bien qu'il s'agisse d'un secteur très volatil, comme l'illustre l'année 2022, marquée par une dépréciation des principaux cryptoactifs et le crash spectaculaire de la plateforme américaine FTX, la blockchain mérite donc d'être suivie pour les nouvelles perspectives qu'elle ouvre sur les formes de collaboration en ligne.



Boussoles

Pour arpenter les nouveaux mondes, un certain nombre de « boussoles » sont indispensables et garantissent la soutenabilité de ces territoires du possible. Parmi elles, une industrie qui intègre les enjeux environnementaux, développe sa performance grâce au numérique et invente de nouvelles manières de faire et de produire. Par ailleurs, les risques, qu'ils soient physiques, climatiques, numériques, sanitaires ou encore psychosociaux, appellent de nouvelles formes de réponse. Dans cette perspective, les outils numériques offrent de nombreuses opportunités pour garantir une meilleure sécurité et simplifient la maintenance des infrastructures, enjeu crucial pour les secteurs de la construction, de l'énergie et des mobilités. Enfin, pour pouvoir naviguer dans ces nouveaux mondes, il faut aussi dessiner le futur des mobilités : connectées, décarbonées et multimodales, avec l'appui d'un allié de choix, l'hydrogène vert.



Durable et locale : les habits neufs de l'industrie ?

Après des années de délocalisation, la réindustrialisation du territoire s'annonce comme l'un des enjeux majeurs de ces prochaines années, à même de renforcer la souveraineté et la résilience de l'économie française. Mais face à l'urgence écologique actuelle, le redéploiement industriel doit intégrer une réflexion sur son impact environnemental et sa soutenabilité. Énergies renouvelables, numérisation, circularité : quel visage pour l'industrie de demain ?



« Sollicitez fortement le particulier qui veut entreprendre un établissement de le réussir et, s'il a besoin de la protection du roi, vous pouvez lui assurer qu'elle ne lui manquera pas. » Si l'on fait fi de la référence à la royauté, cette phrase pourrait avoir été prononcée par n'importe quel représentant politique actuel. On la doit en réalité à Colbert, célèbre pour avoir encouragé l'activité (proto-)industrielle au XVII^e siècle. La France est alors en retard sur ses voisins, fragilisée par une production de mauvaise qualité et un manque de circulation des capitaux. Une situation qui rappelle l'époque contemporaine, marquée en Europe – et particulièrement en France – par une désindustrialisation profonde. Avec 10,1 % du PIB provenant de l'industrie (contre 16 % en Europe et 28,3 % dans le monde), l'Hexagone fait figure de mauvais

élève. Face à ce constat, opinion publique et représentants politiques sont unanimes (de droite à gauche) : il faut mettre en place un « néocolbertisme », réindustrialiser et rendre à la France son statut de nation productive. La Covid l'a montré depuis 2020 : il y va de notre souveraineté. Et l'économie en témoigne aussi au quotidien : c'est une question de compétitivité, d'emploi et même de fierté nationale.

Louable, cet enthousiasme se heurte néanmoins au principe de réalité. Le monde n'a plus grand-chose à voir avec celui de Louis XIV, et les enjeux ont

évolué. L'industrie représente 40 % de la consommation énergétique mondiale et 9,4 Gt d'émissions de CO₂ par an, en augmentation de 70 % depuis 2000. La nouvelle génération d'industries devra donc s'inscrire dans une logique de transition énergétique, de sobriété et d'urgence environnementale. Une réindustrialisation durable implique des transformations majeures de nos modes de production en vue de relever un défi qui s'annonce colossal.

Lever les grandes contradictions industrielles

« L'enjeu principal, c'est la réduction drastique des externalités négatives. » À l'occasion du cycle de rencontres « Industrie et territoires bas carbone » organisé par Leonard, Anaïs Voy-Gillis, géographe et experte du

sujet industriel, dessinait sans détour la feuille de route qui attend l'industrie : réduire les émissions de CO₂ et la consommation des ressources, dont le foncier. Ce dernier point est un sujet central à l'heure des objectifs de zéro artificialisation nette, qui invitent à une réflexion globale sur le traitement des friches industrielles. À ce titre, la transformation de l'usine Renault de Flins est emblématique des possibilités liées à la réhabilitation des espaces industriels. Baptisé « Refactory », le projet a pour objectif de devenir la première usine européenne vouée à l'économie circulaire pour la mobilité. Dans les faits, ce site anciennement consacré à l'assemblage automobile a entamé sa mue en plateforme conçue pour le recyclage de batteries, le retrofit ou la formation sur les sujets de circularité.

Au-delà du foncier, les externalités liées à l'énergie et aux émissions sont sans doute plus contraignantes encore. La stratégie nationale bas carbone impose ainsi de retrouver d'ici à 2030 le niveau des émissions des années 1970, ce qui implique des investissements massifs dans les solutions de décarbonation. Dans le même temps, les prix de l'énergie viennent s'ajouter aux contraintes en limitant la compétitivité du Vieux Continent, piégé par les dépendances énergétiques. Avant même de parler de réindustrialisation, il s'agit donc aujourd'hui de sauver l'existant. L'exemple de Duralex, contraint de fermer temporairement le four de son usine de La Chapelle-Saint-Mesmin, est emblématique de cette crise de compétitivité.

Industrie 4.0 : quand l'outil s'adapte à l'enjeu

Menacé, l'effort de réindustrialisation est loin d'être condamné. Il peut en effet compter sur des développements technologiques rapides et propres à lever – du moins en partie – les barrières énergétiques et écologiques. Les procédés circulaires comme la récupération de chaleur ou l'amélioration de l'efficacité énergétique permettent d'imaginer un appareil industriel plus sobre et moins dépendant des énergies fossiles. À Dunkerque, les hauts-fourneaux d'ArcelorMittal sont ainsi connectés au réseau de chaleur de la ville, ce qui permet d'éviter l'émission de 20 000 tonnes de CO₂ chaque année selon Dalkia, opérateur du réseau.

À l'échelle mondiale, un industriel comme Danone envisage une amélioration de 30 % de son efficacité énergétique d'ici à 2025 (50 % d'ici à 2030) grâce à l'utilisation massive de renouvelables (biomasse

et biogaz compris) et d'hydrogène au sein de ses 182 sites de production. Cette transformation rapide des usages industriels s'appuie désormais sur un autre allié de poids : le numérique. À l'image du Web, l'industrie a tendance à numéroter les grandes étapes de son évolution. S'il y a une part d'arbitraire dans ce décompte, il permet bien de visualiser les transformations qui sont à l'œuvre. On parle aujourd'hui d'« industrie 4.0 » pour désigner l'intégration fine du numérique à l'appareil de production et les nouvelles formes d'optimisation ou d'automatisation qui l'accompagnent. Cette quatrième révolution industrielle est indissociable d'une réindustrialisation durable, qui va chercher dans la performance technique ce qu'elle perd du côté des coûts de main-d'œuvre ou de la contrainte environnementale. Un logiciel comme Energiency s'appuie ainsi sur des solutions d'IA pour mettre en regard les données de production d'une usine et les coûts de l'énergie. Cette comparaison en temps réel permet ensuite d'optimiser les cadences ou les horaires de fonctionnement au gré des tarifs les plus avantageux. Toujours chez ArcelorMittal, la start-up Metron a donné vie à un jumeau numérique des fours de préchauffage du site du Creusot qui permet d'anticiper les baisses d'efficacité.

Une volonté politique mise à l'épreuve

La dimension technique reste largement insuffisante pour expliquer le succès – ou non – de la réindustrialisation. Entre grands plans d'investissements, velléités protectionnistes et adaptations réglementaires, le futur de l'industrie est un sujet éminemment politique. Exemple récent : la mise en place de l'Inflation Reduction Act par les États-Unis en août 2022 comprend toute une série de mesures protectionnistes (subventions, incitations et clauses de préférence nationale) liées à l'expansion des énergies renouvelables. Un coup dur pour l'Europe qui voit déjà de grands industriels lorgner l'Oncle Sam. C'est le cas de l'italien Enel, qui vient d'y annoncer un projet de construction d'usine de composants de panneaux solaires. Au sein même de l'Europe, les trajectoires divergent : c'est ce que rappelle Anaïs Voy-Gillis en comparant les 10 milliards d'euros débloqués par la France pour favoriser la compétitivité énergétique et les 200 milliards promis par l'Allemagne... Dans ce tableau en clair-obscur, seul reste un consensus sur la nécessité de poursuivre un effort qui demandera un vrai courage politique dans les années à venir.



« L'objectif de VINCI est de mettre en œuvre 90% de béton bas carbone d'ici à 2030. »



Lutte contre le gaspillage, réemploi de matériaux, béton bas carbone... Le secteur de la construction innove pour réduire son impact environnemental et promouvoir des modèles circulaires. Isabelle Spiegel, directrice de l'environnement de VINCI, passe en revue les avancées majeures en matière de circularité, les innovations qui émergent pour ne plus dépendre de ressources limitées et la façon dont les métiers se réinventent à l'aune de ce nouveau paradigme.

Pourquoi l'économie circulaire est-elle si importante pour le secteur de la construction et des infrastructures ?

Le premier enjeu est presque une évidence : il est lié à l'impact négatif dû au prélèvement de ressources naturelles dans tout projet d'infrastructure. Le second est davantage une opportunité : c'est l'occasion d'innover et de réinventer nos métiers dans des logiques circulaires. L'exemple des carrières est emblématique. À travers son offre Granulat+, VINCI est capable de reconvertir certains sites en plateformes de recyclage. Il s'agit de continuer à vendre et à utiliser des matériaux (sable, granulats...) d'origine recyclée, afin de restreindre la dépendance à des ressources naturelles primaires limitées.

Comment le monde de la construction innove-t-il pour favoriser la circularité ?

Les pistes sont nombreuses. Il s'agit d'abord d'intégrer des matériaux issus de l'économie circulaire – recyclés ou réemployés – dans nos procédés. Dans la construction des routes, les remblais recyclés sont utilisés depuis longtemps dans les sous-couches. L'innovation a lieu lorsque l'on vise une route 100 % recyclée et que l'on pousse le curseur jusqu'au bout afin d'analyser les nouvelles contraintes techniques ou de maintenance. On innove également quand on fait en sorte de recycler les matériaux sur place en vue de limiter les coûts et les émissions liés au

transport. L'unité mobile TRX est ainsi capable de récupérer les éléments de la couche supérieure de la route pour ensuite les retraiter et les utiliser sur la chaussée neuve.

On parle beaucoup de l'impact du ciment, qui est le composant le plus carboné du béton. Comment l'intégrer dans des logiques circulaires ?

Il y a deux pistes. J'ai déjà évoqué la première qui consiste à recycler le béton en granulats. L'autre option est de se passer de ciment, en le remplaçant par autre chose, partiellement ou intégralement. Aujourd'hui, lorsque l'on produit du béton très bas carbone, nous sommes capables de ne pas utiliser de ciment en employant du laitier de sidérurgie, par exemple. C'est un matériau qui vient de l'industrie de l'acier et qui est lui-même un déchet. Mais c'est un produit qui existe en quantités limitées, et c'est ici que nous pouvons innover en allant chercher d'autres types de matériaux afin de substituer progressivement la plus grande part possible du ciment.

Comment les logiques de circularité peuvent-elles s'inscrire dans l'objectif de zéro artificialisation nette ?

Chez VINCI, nous employons le concept de recyclage urbain : il s'agit de réutiliser une partie de ville déjà construite – comme des friches industrielles – pour

la rénover ou la réhabiliter. Nous menons aujourd'hui une réflexion afin de proposer une offre intégrée sur le sujet. Pour VINCI Immobilier, le promoteur du groupe, l'objectif de zéro artificialisation nette est fixé dès 2030, soit vingt ans avant ce qui est prévu par la loi Climat et Résilience en France. Il s'accompagne de l'ambition d'atteindre dans le même horizon de temps 50 % de recyclage urbain dans le chiffre d'affaires. Le village des athlètes pour les Jeux olympiques de Paris 2024 est emblématique de cette ambition. Il s'étend sur une ancienne friche industrielle à Saint-Denis dont la vocation première était d'alimenter les métros de Paris en électricité. Il comporte notamment un hall industriel qui doit être entièrement réhabilité. Le projet est d'autant plus intéressant qu'il s'appuie aussi sur des principes de réversibilité : il deviendra un espace de logement et de bureau après les JO.

Comment favoriser le développement de la filière circulaire ?

Un des leviers les plus importants consiste à faire changer les normes et les habitudes. Nous évoluons dans des métiers très réglementés. Si c'est évidemment nécessaire, c'est parfois un frein à l'innovation. Une avancée intéressante dans le domaine du béton vient d'être faite, puisque les normes seront désormais fondées sur la performance technique et environnementale et non plus uniquement sur les quantités et qualités précises des matériaux à mettre en œuvre. Cela ouvre des perspectives d'innovation et d'utilisation plus importante de matériaux recyclés, à condition de justifier de l'atteinte des critères de performance. Un autre levier consiste à tester et à expérimenter. Pour développer la route 100 % recyclée, nous pouvons nous appuyer sur l'expertise de la division routes et réseaux de VINCI Construction et la mettre au service de VINCI Autoroutes. Après avoir testé et démontré l'efficacité de la solution, elle pourra être généralisée et déployée sur le marché. Le passage à l'échelle est un vrai enjeu aujourd'hui, et pour y parvenir, il faut réussir à rassurer sur la performance des produits recyclés.

Comment motiver ce changement de culture ?

On peut imaginer des approches marketing différentes. Je pense par exemple au produit Sølar, sur

lequel nous ne précisons pas la part de recyclé dans le produit final. Nous vendons d'abord une qualité technique pour arriver à un usage donné. C'est une approche de la circularité qui est fondée sur la performance. Nous devons également mettre les bons outils à disposition, comme la plateforme digitale Rused, dont l'objectif est de favoriser le réemploi en remettant sur le marché les matériaux et les équipements non utilisés à la fin d'un chantier. L'idée est venue de collaborateurs du groupe qui constataient un important gaspillage.

D'un point de vue prospectif, comment imaginez-vous l'avenir proche ?

Il s'agit d'abord de généraliser les pratiques. Nous avons de bons exemples concrets, mais nous ne

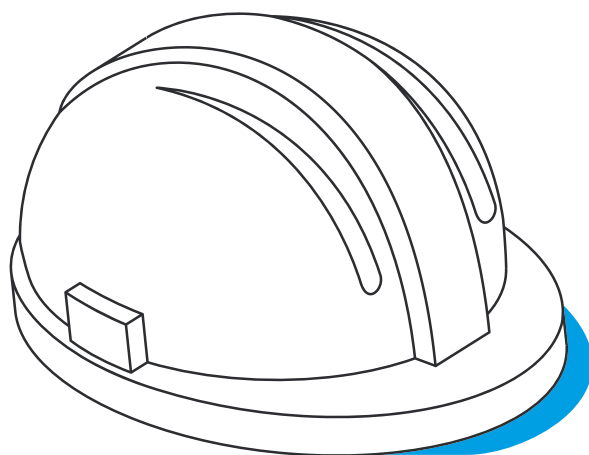
« Pour généraliser les pratiques de l'économie circulaire, il faut changer les normes et les habitudes. »

sommes pas encore dans la massification des usages. Nous devons également concevoir les chaînes logistiques qui permettront de mettre en œuvre certaines solutions. La logistique aujourd'hui n'est pas dimensionnée pour la circularité. Très vite, la distance et le stockage s'imposent comme des freins au réemploi. Cela implique de développer des plateformes plus locales. Certaines pistes d'innovation doivent aussi être explorées. Sur le sujet des matériaux de substitution au ciment, il y a des innovations techniques qui doivent encore passer du côté opérationnel comme les fillers calcaires ou le métakaolin.

Un mot de conclusion ?

Rappelons la hiérarchie de l'économie circulaire : la première dimension consiste à éviter de mettre en œuvre des matériaux avant même de les recycler. Dans cette optique, nous développons des offres innovantes comme Recy(clay)ble Formworks. Il s'agit d'une poutre en béton dans laquelle nous intégrons des inserts de vide ; au moment de couler la poutre, nous allons recourir à de l'argile pour limiter la quantité de béton utilisée. Cela permet de mettre en œuvre moins de matériaux sans perte de résistance. D'abord l'évitement, et c'est seulement ensuite que l'on peut faire appel au réemploi puis au recyclage.





Le grand chantier des risques au travail

Le secteur de la construction est par définition un secteur à risques. Des échafaudages spectaculaires aux machines les plus puissantes, en passant par des produits parfois dangereux : le moindre écart peut avoir des conséquences dramatiques. Conscientes du danger depuis des décennies, les entreprises de construction ont fait de la réduction des risques physiques l'objectif numéro un.

L'objectif « zéro accident » est au cœur de la stratégie de VINCI et s'accompagne de résultats encourageants. 73 % des entreprises du groupe n'ont ainsi eu à déplorer aucun accident du travail avec arrêt en 2021. En parallèle, de nouveaux risques – plus diffus – émergent au cœur des entreprises du secteur. Climatiques, numériques, sanitaires ou psychosociales, ces menaces n'affectent pas directement l'intégrité physique des salariés mais demandent de nouvelles formes de réponse.

La sécurité physique en fil rouge

Si la cartographie globale des risques a pris de l'ampleur, la prévention des accidents physiques reste une préoccupation centrale. Sur l'ensemble de sa carrière, un salarié du BTP est en moyenne victime de 2,5 accidents du travail. D'un point de vue économique, 8 millions de jours de travail sont perdus chaque année en France à cause des accidents et maladies professionnels. Dans ce contexte, les entreprises mettent en place des programmes de formation et de sensibilisation et s'attachent à exploiter une innovation technique foisonnante. Connectivité,

intelligence artificielle et robotisation sont en effet prometteuses pour la sécurité. Robots for Site, conçue comme une coentreprise entre VINCI Energies et VINCI Construction, s'est donné pour mission de mettre les robots au service de la diminution de la pénibilité. Elle développe aujourd'hui un robot carreleur et un robot perceur qui mettent à profit l'intelligence artificielle, le traitement d'image, le calcul de trajectoire, les bras robotisés, les capteurs ou encore les outils de géolocalisation. De manière plus générale, les solutions numériques pour la sécurité se développent, en particulier chez les « majors ». La start-up Nelia offre ainsi une technologie d'analyse d'image afin d'évaluer le niveau de sécurité d'un chantier et de proposer des aménagements nécessaires pour l'améliorer. Softsystems.ai développe quant à elle des solutions fondées sur l'intelligence artificielle qui sont destinées à réduire le risque de collision entre engins et piétons. Du côté des équipements, les EPI (équipements de protection individuelle) connectés, les exosquelettes ou les systèmes haptiques sont prometteurs mais peinent encore à passer à l'échelle.

Les entreprises mettent en place des programmes de formation et de sensibilisation. Elles s'attachent aussi à exploiter une innovation technique foisonnante.

Santé mentale et qualité de vie : le liant de l'entreprise

Moins intuitives, les questions de santé mentale et de qualité de vie touchent également le monde de la construction. Une étude menée au Canada montre que 83 % des professionnels de la construction ont dû faire face à des problèmes de santé mentale. Pour remédier à ce problème, un véritable changement culturel est nécessaire. Au Royaume-Uni, l'ONG Mates in Mind organise par exemple des « pauses thé » afin de faciliter le dialogue et la libération de la parole. Le groupe Mace a quant à lui fait appel à l'association The Lions Barber Collective sur ses sites londoniens. L'objectif est de proposer « *des coupes et de la tranquillité d'esprit*¹ » à ses collaborateurs avec l'aide de barbiers formés sur le sujet. Prolongement naturel du sujet de la santé mentale, la qualité de vie au travail donne également lieu à des initiatives dans un secteur connu pour ses conditions difficiles. Pour faire face au désengagement et garantir le bien-être de leurs employés, les entreprises du secteur se mobilisent. Chez VINCI, cela se traduit par un plan d'actionnariat avantageux intitulé « Castor », par des politiques vouées à la diversité et à la parité (comme le plan Equality chez VINCI Construction), ou encore par des programmes de formation et d'e-learning destinés à garantir l'employabilité des collaborateurs.

Du changement climatique à la sobriété

Présente sous toutes les latitudes, l'industrie de la construction doit également faire face aux impacts du changement climatique. Une étude publiée par l'Union of Concerned Scientists en 2021 montre que d'ici à 2065, les ouvriers en extérieur aux États-Unis seront quatre fois plus exposés aux températures extrêmes, pour un manque à gagner estimé à 55,4 milliards de dollars. Un rapport de l'Anses considère par ailleurs que 15 des 17 grandes familles de risques professionnels sont accentuées par le réchauffement climatique. À court terme, une adaptation des conditions de travail est nécessaire pour

protéger la santé des professionnels. Alors que la transformation des plannings et la multiplication des pauses sont déjà mises en place au cas par cas, les syndicats du secteur de la construction plaident notamment pour une structuration à travers l'instauration d'un « *chômage intempéries fortes chaleurs*¹ ». En ce qui concerne les solutions techniques, les tenues de chantier s'adaptent également au réchauffement climatique. Au sein de la division routes et réseaux de VINCI Construction, des tee-shirts rafraîchissants sont en cours de développement. Ils s'appuient sur un mélange de fibres à base de matières naturelles minérales et de fines projections de roche volcanique dans le tissu qui permettent de créer une sensation de fraîcheur. Au sein de la même division, un bracelet connecté capable de détecter les coups de chaleur est aujourd'hui en phase de test.



Pendant le Demo Day, démonstration de Robots for Site.

Du terrain aux risques psychosociaux en passant par les aléas climatiques, les questions de santé et de sécurité s'invitent à tous les niveaux du monde de la construction et appellent aujourd'hui une réponse coordonnée. Un enjeu complexe qui demande des réponses systémiques et qui mobiliseront aussi bien les technologies, les RH, les manières de travailler et la réglementation.

1. « *Haircuts and headspace* ».

Pour aller plus loin : lire le rapport du groupe de travail santé-sécurité de VINCI coordonné par Leonard et contacter Ludivine Serriere, chargée de programme chez Leonard.

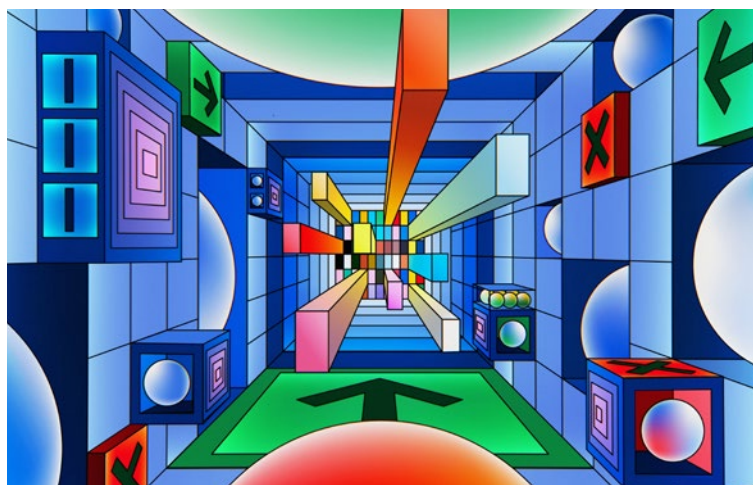


Maintenance prédictive : l'industrie à l'heure du soin

L'entretien des équipements et des infrastructures fait rarement les gros titres. Les métiers de la maintenance laissent ce privilège à l'idéal d'innovation ou aux rêves de disruption, qui portent au pinacle la transformation et le renouvellement permanent. Mais dans le secret des usines ou l'effervescence des chantiers, c'est une préoccupation majeure pour les industriels. Longtemps associée à la réparation, elle s'appuie aujourd'hui sur les technologies numériques – et en particulier l'IA – afin d'anticiper les pannes, d'optimiser les interventions et de faciliter le travail des « mainteneurs ».

La maintenance innove !

Dans une série passionnante consacrée à ses « mainteneurs »¹, Toyota résume les changements de paradigme à l'œuvre, avec le passage d'une maintenance corrective à une maintenance préventive de ses équipements industriels, qui aboutit aujourd'hui à l'idéal d'une maintenance prédictive. Pierre angulaire de l'industrie, cette nouvelle forme de maintenance admet une définition très simple : au lieu d'intervenir sur un matériel cassé, il s'agit d'éviter les pannes et les temps d'arrêt en anticipant les dysfonctionnements le plus précisément possible. Pour cela, la maintenance prédictive s'appuie sur un capteur qui collecte en temps réel les données liées aux équipements et sur l'IA qui analyse ces données pour adapter en temps réel les protocoles de maintenance. Dans les faits, cette transformation augmente drastiquement la rentabilité et la durée de vie des infrastructures industrielles. Selon McKinsey, les nouveaux modèles prédictifs permettent d'accroître la disponibilité des actifs de 5 à 15 % tout en réduisant les coûts de maintenance de 18 à 25 %.



La maintenance au cœur du parcours IA de Leonard

Le parcours IA de Leonard a pour vocation de structurer des cas d'usage liés à l'intelligence artificielle au sein du groupe VINCI. La maintenance y occupe naturellement une place de choix et donne lieu à un certain nombre de projets exemplaires qui permettent tous d'optimiser la manière de mener les opérations industrielles.

¹-<https://toyotatimes.jp/en/series/masters/055.html>

Lisea et Mesea optimisent le cycle de vie des lignes ferroviaires

Issue de la promotion 2021 du programme, la solution développée par Lisea (concessionnaire) et Mesea (entreprise de maintenance) s'attache à faire évoluer la maintenance des lignes à grande vitesse. L'enjeu est d'autant plus crucial que la maintenance des voies ferroviaires entraîne paradoxalement une accélération de leur vitesse de dégradation. Il est donc impératif de pouvoir s'appuyer sur un programme optimisé afin de ne pas multiplier les opérations. La solution proposée par Lisea et Mesea s'appuie sur les données récoltées par un wagon de mesure nommé « DRING » (dispositif remorqué d'inspection de la géométrie de la voie). Ce grand capteur roulant fournit les données qui permettent ensuite de modéliser la dégradation des voies. Adossée à une technologie de machine learning, la solution facilite aujourd'hui la prise de décisions pour la planification des opérations liées à la géométrie des voies. En outre, elle améliore la compréhension des facteurs de dégradation et limite le temps consacré à la surveillance ainsi que la fréquence des opérations de maintenance.

Gutenbrain révolutionne le traitement de la documentation industrielle

La gestion des documents liés aux équipements industriels est une activité chronophage. Elle consiste d'abord à rassembler manuellement les milliers de documents provenant des fournisseurs et des fabricants afin de les trier et de les hiérarchiser. Elle implique ensuite d'assurer un suivi de toutes les révisions apportées aux documentations, ce qui est un travail particulièrement fastidieux et parfois source d'erreurs. Pour alléger ce processus incontournable, Actemium et Axians Portugal ont développé Gutenbrain dans le cadre du parcours IA de Leonard. La solution répond à trois enjeux majeurs : tout d'abord, elle extrait les données contenues dans des fichiers très disparates en matière de format, incluant du texte mais également des dessins techniques ou des données tabulaires ; ensuite, elle sélectionne les données les plus pertinentes grâce à des algorithmes, afin de constituer des bases de données critiques ; enfin, elle automatise le retraitement des données au fil des mises à jour des documentations. Le tout est regroupé au sein d'une interface

unique qui limite les tâches manuelles des équipes et leur donne accès rapidement aux informations les plus cruciales tout au long du cycle de vie des projets. Pour recenser et localiser un élément (par exemple un automate) parmi tout le corpus documentaire et en tracer l'historique, une simple requête suffit : installation, maintenance, fiche produit, nombre d'occurrences de l'élément dans l'industrie en question sont ainsi accessibles en un clic.

BeeWave facilite le passage à l'échelle de la maintenance prédictive

La maintenance aéronautique est au cœur d'enjeux économiques et industriels majeurs. Elle implique des tâches particulièrement complexes et une machinerie de pointe. Dans ce contexte, les conséquences des pannes ou des défaillances prennent vite une ampleur considérable. L'optimisation de la fiabilité des équipements fait donc naturellement partie des obsessions d'Actemium Maintenance Toulouse (AMT), qui a pu mettre l'IA au service de la maintenance grâce au parcours conçu à cet effet de Leonard. Le résultat, intitulé « BeeWave », découle d'un premier travail mené pour Airbus sur des cas d'usage précis : une presse hydraulique et un robot d'assemblage de fuselages d'avions, dont les pannes sont particulièrement préjudiciables. En croisant des données de fonctionnement et de capteurs puis en leur appliquant des modèles de machine learning, AMT a pu affiner largement sa compréhension des dégradations et optimiser ses scénarios d'intervention. Fort de ce premier succès, AMT a pris la décision de déployer une solution *no code* – BeeWave – afin de donner une nouvelle ampleur à la maintenance prédictive en interne. Cette dernière permet à la fois de préparer les données, d'identifier les meilleurs modèles de maintenance en fonction du comportement des équipements et d'estimer le temps restant avant la prochaine défaillance.

Alors que l'allongement des cycles de vie est devenu une priorité industrielle, que la préservation de l'existant est en train de prendre le dessus sur le remplacement permanent et que la surconsommation s'impose comme un des principaux adversaires d'un monde qui atteint ses limites, la maintenance se réinvente, plus intelligente et efficace.

Pour aller plus loin : contacter Bruno Daunay, responsable du parcours IA chez Leonard.



« La mobilité est un système qui va bien au-delà des véhicules. »



Pierre Delaigue est directeur des projets de mobilités connectées, autonomes et électriques chez Vinci. Il revient sur les grands enjeux du secteur ainsi que sur le rôle des infrastructures dans le développement des mobilités du futur.

Que désigne-t-on par mobilité connectée ?

La connectivité dans un véhicule couvre trois grandes fonctions. La première concerne le contenu numérique : la navigation, le multimédia, la possibilité de travailler en recevant ses e-mails, etc. La deuxième, qui est la plus importante à nos yeux, c'est la sécurité. Il s'agit d'échanger de l'information entre véhicules ou avec l'infrastructure en vue de limiter les risques. Le véhicule va ainsi être informé de toutes les singularités de parcours rencontrées sur le trajet, liées au trafic, aux incidents ou aux travaux, de manière à mieux anticiper les situations à risques. Enfin, la troisième concerne le déploiement des véhicules autonomes, qui génèrent et échangent de grandes quantités d'informations.

Quels sont les projets emblématiques liés à la mobilité connectée ?

Côté constructeurs, la totalité des nouveaux véhicules sont connectés, au moins en cellulaire. Certains constructeurs ont en outre déjà déployé une connectivité de courte portée permettant l'échange d'informations avec les véhicules voisins et la route. Le plus emblématique est Volkswagen, qui embarque la technologie depuis 2019. Il y a environ 800 000 véhicules Volkswagen équipés de connectivité de courte portée en circulation. Côté infrastructures, il existe des projets d'innovation et de R&D, dans lesquels VINCI est actif. Nous travaillons notamment avec des constructeurs sur de nouveaux cas d'usage. Il y a ensuite des projets de prédéploiement ; nous avons ainsi installé quelques dizaines d'unités de connectivité de courte portée sur notre réseau en France.

Quels sont les freins au déploiement des mobilités connectées ?

Il est essentiel de développer la coordination entre les infrastructures et les constructeurs. Si VINCI Autoroutes se met d'accord avec un constructeur automobile, cela ne crée pas une maille suffisante pour passer à l'échelle. Il est impératif de mettre autour de la table les plus gros constructeurs automobiles et les opérateurs d'infrastructures afin de définir une feuille de route technique sous l'égide du ministère des Transports. Sinon, nous risquons de rester éternellement dans un paradigme de l'œuf et de la poule : les véhicules attendent que les infrastructures soient connectées, et inversement.

On parle beaucoup des mobilités routières. Quel est le point de vue de VINCI sur les mobilités plus légères ? Sur la multimodalité ?

Sur la multimodalité, VINCI est très actif. Une de nos ambitions est de déployer des pôles multimodaux, aux abords des autoroutes, capables de connecter la dorsale routière à d'autres modes de transport, comme le vélo ou les modes collectifs. À quelques dizaines de kilomètres de Paris, l'exemple du pôle multimodal de Longvilliers est emblématique. On y trouve une gare routière avec des bus à haut niveau de service, du covoiturage, du vélo, etc. Pour déployer ses nouvelles offres, VINCI Autoroutes s'appuie sur l'application Ulys, qui regroupe tous les services aux usagers du réseau. On y retrouve par exemple des services de péage, mais aussi les emplacements des bornes de recharge électrique.

On a beaucoup parlé des mobilités autonomes. Le sujet semble être un peu retombé médiatiquement aujourd'hui. Quelles sont les prochaines grandes échéances ?

Le véhicule autonome fait moins de bruit médiatique mais reste une priorité technologique. Si les promesses initiales de la filière automobile n'ont pas été tenues, ce n'est pas une utopie pour autant. Concernant les véhicules individuels, les premiers modèles sont arrivés sur le marché. Il s'agit de modèles à délégation de conduite, dans lesquels le conducteur ne met plus les mains sur le volant ni les yeux sur la route. C'est ce que l'on appelle du « niveau 3 » ; Honda au Japon et Mercedes en Allemagne les commercialisent déjà. Le secteur des navettes collectives est également passé d'une phase de démonstration technique à une phase commerciale. Les blocages réglementaires et législatifs ont été levés. Le secteur des poids lourds se développe aussi rapidement, en particulier aux États-Unis avec des transports autonomes sur autoroute. Il faut enfin préciser que le niveau d'autonomie le plus élevé est aujourd'hui remis en cause par l'ensemble de la filière. Il s'agit du niveau 5, dans lequel le véhicule est autonome partout et dans toutes les conditions. Il existe en effet tellement de particularités et de situations de conduite que cet objectif ne semble plus pertinent, même à long terme.

Quel est le rôle des infrastructures à la fois dans les mobilités connectées et dans les mobilités autonomes ?

La mobilité est un système qui va bien au-delà des véhicules. L'idée d'un linéaire routier passif laisse aujourd'hui place à une nouvelle conception de l'infrastructure, vue comme un moyen d'apporter des solutions aux limites des véhicules. On distingue quatre familles de contributions. La première concerne les équipements physiques. Le marquage au sol et les panneaux de signalisation sont utilisés par les véhicules autonomes et peuvent donc évoluer pour apporter des solutions nouvelles. Les marquages magnétiques ou les panneaux connectés pourraient ainsi être amenés à se développer. La deuxième contribution vise la

connectivité, que nous avons déjà évoquée. La troisième touche à ce que l'on appelle « la perception de bord de route ». Un véhicule autonome emploie un certain nombre de capteurs dont la portée est d'environ 200 m ; à vitesse autoroutière, cela correspond à peu près à cinq secondes, ce qui est très peu. Dans certaines situations, l'infrastructure peut participer à l'augmentation de cette capacité d'anticipation des véhicules. Enfin, le quatrième volet consiste à développer des systèmes d'hypervision sur des tronçons congestionnés. L'infrastructure envoie alors des consignes de vitesse et de position à chaque véhicule. En les pilotant à distance, elle augmente la capacité d'une voie existante par la régulation. C'est un modèle assez semblable au métro automatisé mais appliqué à une bande autoroutière. C'est aussi la vision la plus ambitieuse.

Comment imaginez-vous le futur des mobilités ?

L'urgence écologique et la contrainte réglementaire dessinent un futur des mobilités décarboné. La connectivité et l'autonomie peuvent servir cet objectif, en permettant par exemple de concevoir des services de mobilité plus collectifs sur autoroute, à travers des navettes ou des bus autonomes. Un autre enjeu concerne l'artificialisation des sols. En France, nous avons la chance de disposer d'un réseau autoroutier qui dessert très bien le territoire national. Mais malgré la croissance de la demande en mobilité, nous ne pouvons pas multiplier à l'infini les nouvelles infrastructures autoroutières. Il faut donc faire plus avec les mêmes infrastructures physiques. Cela passe à la fois par les innovations technologiques que nous avons évoquées et par des innovations d'usage. En favorisant les mobilités collectives sur autoroute, comme les aires de covoiturage et les cars express sur voies réservées, VINCI s'inscrit pleinement dans ce mouvement !

L'idée d'un linéaire routier passif laisse aujourd'hui place à une nouvelle conception de l'infrastructure, vue comme un moyen d'apporter des solutions aux limites des véhicules.



L'hydrogène vert au défi du passage à l'échelle

L'hydrogène – s'il est produit à partir de sources décarbonées – peut se révéler un allié incontournable de la transition énergétique. La baisse des coûts de production et la structuration de la filière pourraient lever les derniers freins à son déploiement à l'échelle.

L'atome d'hydrogène est l'élément le plus répandu dans l'Univers. La combustion de sa molécule associée (H_2) produit principalement de l'eau et peut également être utilisée pour générer de l'électricité. Sa densité massique d'énergie est à ce titre exceptionnelle : 1 kg d'hydrogène contient autant d'énergie qu'environ 3 kg de pétrole. Un petit miracle qui poussait Jules Verne aux prophéties dès le XIX^e siècle : *« Oui, mes amis, je crois que l'eau sera un jour employée comme combustible, que l'hydrogène et l'oxygène, qui la constituent, utilisés isolément ou simultanément, fourniront une source de chaleur et de lumière inépuisable et d'une intensité que la houille ne saurait avoir¹. »* Si l'hydrogène est aujourd'hui très employé par l'industrie, les promesses de *L'Île mystérieuse* semblent encore assez lointaines. La molécule miracle reste en effet tenaillée entre un fort potentiel et des contraintes de production et de transport tout aussi considérables. Une impasse qui pourrait aujourd'hui s'ouvrir, portée par l'urgence écologique et les enjeux de transformation énergétique qui l'accompagnent.

L'hydrogène, entre longue histoire et nouvelles promesses

L'emballement médiatique autour de l'hydrogène est largement porté par le secteur des mobilités, qui voit dans la molécule un carburant de substitution. Mais l'histoire industrielle de l'hydrogène est bien plus ancienne : la quasi-totalité de l'hydrogène produit actuellement est utilisée par l'industrie (dans les processus de raffinage et l'industrie chimique

principalement). Cet hydrogène est dit « gris », en référence aux importantes émissions de CO_2 liées à sa production par vaporeformage et gazéification. Mais si l'on parle beaucoup de la molécule aujourd'hui, c'est parce qu'il existe une autre manière de la produire : par électrolyse de l'eau. Cette méthode, qui demande une grande quantité d'électricité (10% de la consommation totale d'électricité prévue en 2030 pour produire 1 million de tonnes d'hydrogène par an en France), permet d'obtenir un hydrogène « vert » lorsqu'elle s'appuie sur des sources d'énergie renouvelables ou très peu carbonées. Les succès futurs de l'hydrogène sont donc directement liés aux progrès de la transition énergétique.

Production, transport et stockage : une molécule exigeante

À ce jour, le principal frein au développement de l'hydrogène vert reste sa compétitivité économique. Plus cher que son équivalent « gris » ou le gaz naturel, l'hydrogène vert s'est cependant engagé dans une véritable course au prix. Les électrolyseurs sont ainsi amenés à bénéficier d'économies d'échelle grâce au développement de gigafactories (quatre d'entre elles sont prévues sur le territoire français). Une innovation foisonnante et plus expérimentale qui ouvre la voie à de nouvelles manières de produire l'hydrogène à plus ou moins long terme. Une turbine conçue par Sabella rend déjà possible la transformation d'énergie hydrolienne en hydrogène. Dans un autre ordre d'idées, des chercheurs de la Nanjing Tech University ont mis au

1. Jules Verne, *L'Île mystérieuse*, Paris, Hetzel, 1875.

point un électrolyseur capable de produire la molécule à partir d'eau de mer. Le développement de nouvelles géographies de l'énergie permet également d'envisager une baisse des coûts. Comme le détaille l'étude « Africa's Extraordinary Green Hydrogen Potential », présentée lors de la COP 27, le potentiel solaire en Afrique pourrait rendre possible un hydrogène en dessous de 2 €/kg d'ici à 2030. Restent les enjeux du transport et du stockage, particulièrement critiques à cause de la très faible densité volumique de l'hydrogène, qui doit être comprimé ou liquéfié avant d'être transporté, ou bien transformé en produit dérivé (méthanol ou ammoniac). À l'échelle internationale, des projets comme celui du pipeline sous-marin d'hydrogène vert entre Barcelone et Marseille préfigurent l'émergence d'un réseau d'infrastructures de transport à l'échelle continentale.

À plus petite échelle, la cartouche d'hydrogène portable conçue par Toyota suggère quant à elle le développement prochain d'usages individuels...

Le nouvel allié des mobilités lourdes ?

Une fois les principales barrières levées, l'hydrogène pourrait s'imposer dans le secteur des mobilités lourdes. Disposant d'une excellente autonomie pour un poids

embarqué raisonnable, il apporte des solutions avec lesquelles les batteries ne peuvent pas rivaliser pour le transport routier longue distance, les transports en commun, le transport maritime et même l'aérien. Alstom ou la Changchun Railway Vehicles Co. commercialisent déjà des trains fonctionnant grâce à des piles à combustible. L'Union européenne a pour ambition de faire rouler 60 000 camions à hydrogène d'ici à 2030. Dans le même temps, Iveco, Mercedes ou Volvo avancent leurs prototypes. Enfin, à un horizon plus lointain, l'avion à hydrogène pourrait alléger considérablement l'empreinte carbone du transport aérien. Deux ans après avoir dévoilé son projet d'avion à hydrogène ZEROe (prévu pour 2035), Airbus a révélé en 2022 un prototype de pile à combustible conçue pour l'aviation. L'hydrogène semble décidément en train de prendre son envol !



« Le premier enjeu est de passer de l'hydrogène fossile à un hydrogène qui n'émet pas ou peu de CO₂ lors de sa fabrication. »

3 questions à Nicolas Dattez



Nicolas Dattez est expert hydrogène chez Leonard. Il revient sur les principaux enjeux liés à l'utilisation présente et future de l'hydrogène.

L'hydrogène fait beaucoup parler de lui et donne lieu à d'importants investissements. Pourquoi maintenant ?

Le grand changement est la prise de conscience de l'urgence environnementale. Il est impératif de limiter les émissions de gaz à effet de serre, et l'hydrogène peut apporter des réponses dans la plupart des domaines. Dans le secteur industriel, il existe peu d'alternatives à l'hydrogène pour décarboner les processus de production. Face à cette urgence climatique, on constate un alignement des volontés politiques et des moyens financiers : il y a quatre ans, le plan Nicolas Hulot mettait 100 millions d'euros sur la table ; aujourd'hui, les plans nationaux représentent 9 milliards d'euros en France.

Quelles sont les applications majeures de l'hydrogène aujourd'hui ? Et demain ?

Aujourd'hui, dans le monde, on utilise chaque année à peu près 94 millions de tonnes d'hydrogène. Les principaux utilisateurs en sont l'industrie pétrolière pour traiter les carburants et l'industrie chimique pour produire de l'ammoniac ou du méthanol. Cet hydrogène est produit par des procédés qui émettent beaucoup de CO₂. Le plus courant est le vaporeformage, qui engendre l'émission de 10 kg de CO₂ pour synthétiser 1 kg d'hydrogène. Chaque année, cela représente 900 millions de tonnes de CO₂, soit plus de 2 % des émissions totales. Le premier enjeu est donc de passer de l'hydrogène fossile à un hydrogène qui n'émet pas ou émet peu de CO₂ lors de sa fabrication pour ces utilisateurs historiques de la molécule. La deuxième transition consiste à introduire l'hydrogène dans certains processus de



production pour émettre moins de CO₂. Les aciéries commencent ainsi à l'utiliser pour produire de l'acier « vert ». L'hydrogène permet également de transformer le CO₂ en gaz ou en carburant de synthèse comme le méthanol. Associé aux solutions de *carbon capture*, c'est une bonne opportunité de recycler le CO₂ émis par les industries plutôt que de l'enfouir dans des cavités souterraines. Enfin, lorsque l'hydrogène sera compétitif, il sera utilisé en complément, voire en remplacement du gaz naturel comme combustible dans les fours industriels ou pour le chauffage des bâtiments.

Il existe également des usages non industriels : dans le transport maritime, l'hydrogène sera utilisé sous des formes dérivées comme le méthanol ou l'ammoniac, qui sont plus facilement transportables sur de longues distances. Dans le transport aérien, il pourra être utilisé comme carburant embarqué sous sa forme liquide à -253 °C. Le transport ferroviaire sera aussi un grand utilisateur : les premiers trains fonctionnant à l'hydrogène ont été livrés récemment par Alstom. Les solutions hydrogène sont par ailleurs pertinentes pour le transport routier de marchandises pour les longues distances ou les flottes de véhicules (sociétés de taxis).

Enfin, la molécule permettra de développer l'utilisation des énergies renouvelables intermittentes

(photovoltaïque et éolienne), en stockant l'énergie produite sous forme d'hydrogène lors des pics de production et en la retransformant en électricité lors des pics de demande.

Quels sont les obstacles à lever pour une démocratisation de l'hydrogène vert ?

Au-delà de la question du prix de l'hydrogène vert, le défi consistera à développer les infrastructures de production d'électricité renouvelable ou nucléaire qui permettront de fabriquer cet hydrogène par électrolyse avec un minimum d'émissions de CO₂. Au niveau international, il sera également important de définir des réglementations certifiant l'origine de l'hydrogène utilisé pour garantir qu'il est bien bas carbone ou renouvelable.

En ce qui concerne la mobilité routière à hydrogène, qui a tendance à attirer l'attention bien qu'elle ne soit sans doute pas l'utilisation majoritaire qui sera faite de la molécule dans le futur, on rencontre exactement les mêmes freins que lors de l'émergence de l'électromobilité à batterie. Il faut en effet réussir à déployer simultanément les véhicules et les infrastructures afin d'éviter que l'absence de stations d'avitaillement ne vienne freiner le développement des véhicules, et inversement.



Des mots dans le débat



Ville frugale

L'urbanisme frugal n'est pas synonyme d'austérité mais au contraire de satisfaction. L'idée maîtresse est de faire « mieux avec moins ». Tout en évitant le modèle stéréotypé de l'écoquartier, la ville frugale, selon l'un de ses théoriciens, Jean Haëntjens, entend concilier « *qualité de vie et abordabilité, désir d'espace et gestion économe du sol, désir de mobilité et sobriété énergétique, équité territoriale et polarisation* ». Le tout grâce à une approche transversale des problèmes.

RER

En novembre dernier, le président de la République a promis la création de RER (réseau express régional) dans les dix plus grandes villes françaises (Paris en étant déjà doté depuis la fin des années 1970). Cette annonce s'inscrit dans les objectifs de transition écologique du pays, en réduisant le besoin d'utiliser un véhicule personnel pour ses déplacements quotidiens. Mais ce projet est-il compatible avec l'idée – généralement partagée par tous les urbanistes – d'une « ville de la proximité », où les distances seraient moins importantes? Le débat ne fait que commencer.

Construction bois

Remplacer une partie du béton, du ciment et de l'acier par du bois dans les constructions futures permettrait, selon certaines études, de réduire les émissions de CO₂ de 100 milliards de tonnes d'ici à 2100. À Skellefteå, en Suède, un gratte-ciel de 80 m de haut, tout en bois, a même été inauguré en 2021. Si l'idée de villes entières devenues des puits à carbone est très séduisante, il reste d'abord à imaginer une gestion durable des plantations de forêts, moins résistantes à la sécheresse et aux incendies mais aussi moins pourvues en biodiversité que les forêts naturelles qu'elles pourraient remplacer.

Sols vivants

L'appellation « sols vivants » s'applique à plusieurs notions, et en particulier aux techniques d'exploitation raisonnées qui visent à suivre les cycles naturels et les besoins des sols (repos, choix des intrants), afin de lutter contre leur épuisement et de développer leur biodiversité. Dans cette configuration, les sols peuvent aussi remplir pleinement leur rôle de puits à carbone : rien qu'en France, les stocks de carbone dans la couche superficielle des sols sont estimés à 3,2 milliards de tonnes.

Conflit d'usage

Un conflit d'usage est un litige opposant au moins deux groupes sur un territoire donné. En matière d'écologie, le litige concerne l'exploitation ou l'usage d'une ressource. Fréquemment, l'utilisation industrielle de celle-ci (forêt, plan d'eau, etc.) est ainsi mise en contradiction avec son possible usage dans une perspective de conservation. Tout aussi couramment, l'étalement urbain entraîne des conflits d'usage avec les zones rurales qui peuvent s'en trouver affectées.

Passoire thermique

Dans son sens le plus courant, une passoire thermique est un habitat qui, du fait de sa mauvaise isolation, se révèle particulièrement énergivore, avec notamment une consommation élevée en chauffage. La plupart de ces logements sont anciens, et ils font désormais l'objet de réglementations et contraintes très strictes pour les bailleurs : ainsi, depuis le 1^{er} janvier de cette année, il est interdit en France de louer des logements dont la consommation est supérieure à 450 kWh/m². La rénovation de tels logements est donc inévitable. Elle consiste non seulement en des travaux d'isolation, mais aussi dans l'éventuelle refonte des systèmes de chauffage et/ou de ventilation.

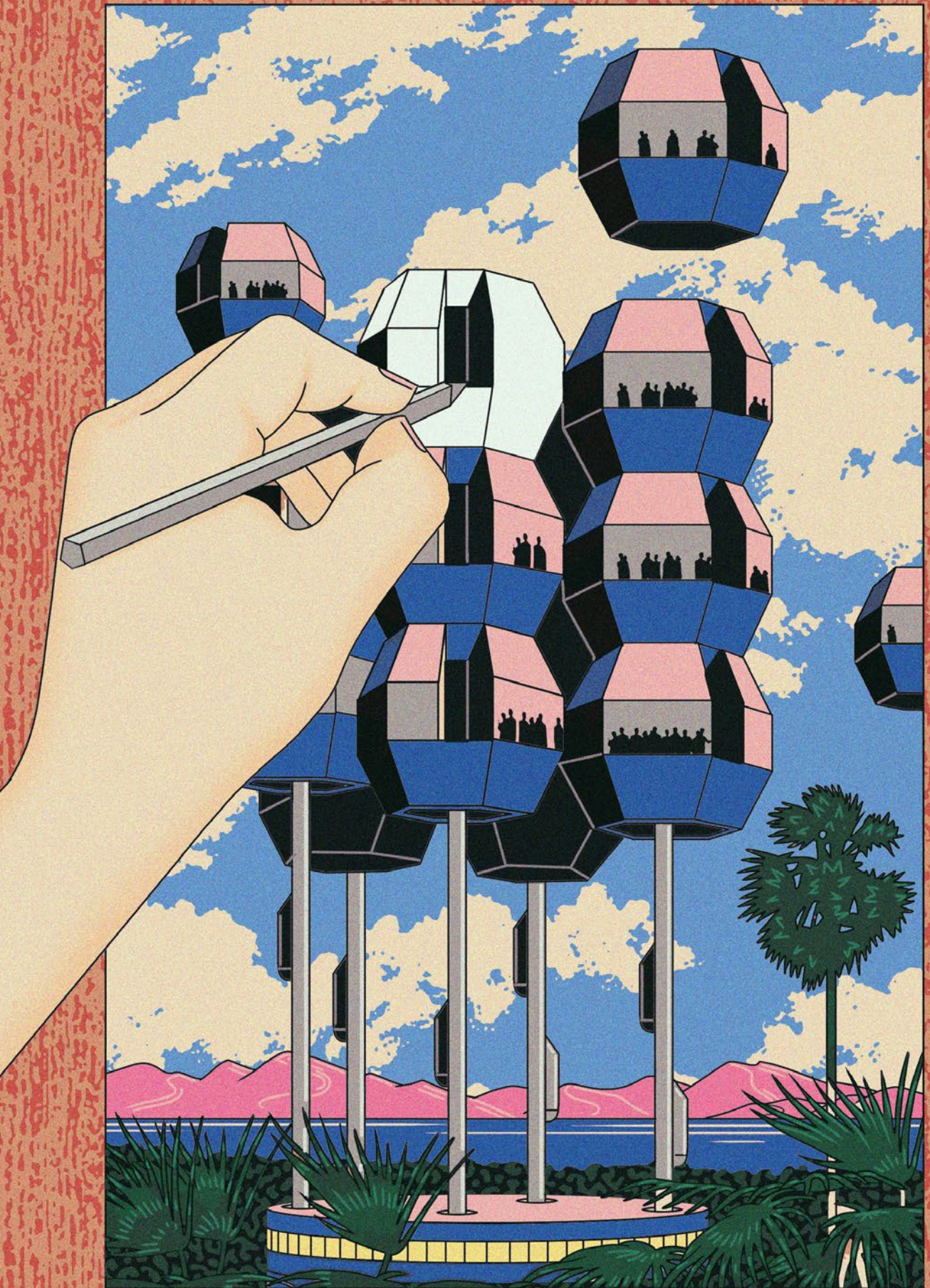
Architecture bioclimatique

Le principe de cette démarche est de construire des habitations dans une forme d'osmose avec leur environnement immédiat, afin d'en tirer des bénéfices durables. Cette stratégie implique de prendre en compte de nombreux facteurs, au premier rang desquels se hissent les spécificités du climat et du terrain, l'orientation du futur habitat, etc. L'aspect « construction » proprement dit cherche à refléter ces spécificités, par exemple par la captation et la valorisation de chaleur à partir des surfaces vitrées orientées au sud.

Climate tech

Sous ce vocable se dissimule l'ensemble des technologies développées dans le but de répondre aux nouvelles urgences climatiques, la décarbonation venant en premier lieu. Ces solutions peuvent être de natures très différentes et se développer aussi bien au niveau logiciel (par exemple en utilisant des technologies blockchain, qui peuvent contribuer à minimiser les émissions de CO₂) que dans les domaines des biotechnologies. Les climate tech ne doivent pas être confondues avec les clean tech, qui regroupent les techniques et services industriels employant des ressources naturelles.





Voyageurs

Que seraient les nouveaux mondes décrits précédemment sans les femmes et les hommes qui les habitent ? Les mondes à venir ont besoin de nouveaux acteurs capables de les imaginer puis de les explorer. Ces nouveaux espaces auront besoin d'être arpentés et cartographiés aussi sûrement que pouvaient l'être les territoires du passé. Marketplace pour le réemploi des matériaux, matériels et ressources entre les chantiers, revente de machines d'occasion, utilisation de l'IA pour détecter et prévenir les risques de collision entre engins et piétons... Le secteur de la construction foisonne d'innovations prometteuses. Au cœur de cet écosystème fertile, Leonard accompagne les porteurs de projets et les experts de terrain en leur donnant des moyens pour expérimenter les solutions qu'ils développent. Signe d'espoir, l'investissement dans les innovations durables en faveur du climat suscite un attrait important. Plus de 50 milliards de dollars ont ainsi été investis en 2022 dans les start-up de la climate tech, soit un peu plus du quart de la totalité des fonds de capital-risque. Une dynamique qui se maintient malgré les contraintes macro-économiques et géopolitiques. Enfin, parmi ceux qui défrichent les nouveaux mondes de la transition, il ne faut pas oublier les artistes, dont la capacité à esquisser des futurs possibles n'est plus à prouver. Car l'art, plus que jamais, joue le rôle d'une « expérience de pensée » à même d'appréhender les métamorphoses du monde et d'inventer de nouveaux imaginaires.



Des solutions à l'épreuve du terrain

Pour accompagner les porteurs de solutions innovantes dans leur déploiement, Leonard met à leur disposition tout l'écosystème VINCI afin de tester en conditions réelles leurs solutions et de travailler à leur optimisation avec de vrais utilisateurs. Retour sur trois de ces expérimentations.



Solution 1 : **SOFTSYSTEMS.AI**

Testée par Pascal Milon, chargé de prévention, VINCI Construction Terrassement

ACCOMPAGNEMENT LEONARD : programme Catalyst 2022.

BESOIN

Les travaux menés par nos équipes sur le chantier d'entretien du canal de Nantes à Brest se font sur d'anciens chemins de halage fréquentés par des marcheurs et des cyclistes. Si l'accès au chantier est bien bloqué lors des interventions, les riverains et promeneurs s'aventurent tout de même à proximité des engins, renforçant le risque de collision et nécessitant une vigilance accrue des équipes.

SOLUTION

La solution LifeGuard développée par Softsystems.ai utilise l'intelligence artificielle pour détecter et prévenir les risques de collision entre engins et piétons ainsi que pour sécuriser les environnements où ils se croisent. Un écran LCD, relié à une caméra, permet au conducteur de suivre le périmètre de son intervention en étant alerté de l'approche d'un piéton. Un système de haut-parleur avertit ce dernier pour l'inciter à s'écarter.

RETOURS

La solution est très facile d'utilisation grâce à un logiciel pour régler les distances de sécurité. L'avertissement par haut-parleur et l'assistance caméra permettent à l'opérateur de se consacrer à ses tâches et au piéton de s'écarter spontanément. Le rapport coût/avantages est clairement intéressant.

ÉVOLUTIONS

Ajouter un haut-parleur à proximité de chaque caméra pour que les piétons puissent entendre parfaitement le message d'alerte quelle que soit leur position.

LES +

La reconnaissance du piéton par l'IA (qui fait la différence avec un obstacle) et la calibration des zones de détection.



Solution 2 :

R.USED

Testée par Lucie Docimo, conductrice de travaux, VINCI Construction

ACCOMPAGNEMENT LEONARD : programme intrapreneurs 2022.

BESOIN

Pour accueillir le pavillon éphémère de l'exposition « Aqua Mater » à La Défense, il nous a fallu installer un double socle de béton et de polystyrène. Au démontage de l'installation, ces deux socles étaient destinés au réemploi ou à la destruction. Mais trouver une opportunité de réemploi ne se fait que de manière informelle, souvent par le bouche-à-oreille. La plupart des éléments de chantier démontés partent à la benne.

SOLUTION

R.used fonctionne comme un Leboncoin interne à VINCI, une marketplace de mise en relation pour faciliter le réemploi des matériaux, matériels et ressources entre les chantiers. R.used permet ainsi de prolonger la durée de vie des matériaux tout en faisant des économies.

RETOURS

Je suis entièrement convaincue par l'expérience : mes dalles de béton servent sur un nouveau chantier parisien, et mes dalles de polystyrène sont réutilisées en remblais sur un autre projet. R.used pousse à développer de nouveaux réflexes : plutôt que de passer par le mécanisme systématique de l'achat, penser au réemploi est facilité. Tout est intégré à l'application, de la recherche et de la publication jusqu'à l'édition des bons de livraison.

ÉVOLUTIONS

Mettre en avant des listes d'annonces par corps de métier ou par profil pour donner des idées avant même que le besoin soit exprimé.

LES +

La facilité de la mise en relation et un processus utilisateur entièrement intégré dans l'application.





machine26

Solution 3 : **Machine26**

Testée par Nordahl Grenier, directeur matériel, Eurovia Allemagne

ACCOMPAGNEMENT LEONARD : programme SEED 2022.

BESOIN

Aider nos équipes terrain, notamment nos responsables matériel, dans leur démarche d'inspection et de gestion du parc machines, puis les mettre à disposition en interne ou les vendre en externe. Jusqu'ici, tout passait par des formulaires hétérogènes, ce qui limitait la portée d'une telle démarche, et l'essentiel de nos reventes se faisait par des brokers.

SOLUTION

Machine26 est une plateforme de revente de machines d'occasion. En proposant un logiciel intégré, elle facilite l'évaluation des machines et la diffusion des annonces et permet de constituer un réseau de concessionnaires externes au sein d'un processus d'approvisionnement normalisé et sécurisé.

RETOURS

Nous avons sollicité Machine26 dès 2020 pour un premier test sur la digitalisation de nos process de valorisation des machines. Leur plateforme est très didactique, très *user-friendly*, et la normalisation permet d'aboutir à une homogénéisation des annonces pour faciliter leur diffusion. Convaincus par la solution, nous avons amorcé le calibrage de notre organisation en conséquence, du niveau local au régional puis bientôt au global. En deux ans, nous avons déjà réalisé pour plus de 1 million d'euros de vente par la plateforme. Plus celle-ci sera déployée, plus nous pourrions attirer d'acheteurs.

ÉVOLUTIONS

Nous travaillons avec Machine26 sur la phase de mise à disposition en interne des machines et un déploiement plus large auprès de tous nos pays européens.

LES +

La maîtrise de notre place de marché de bout en bout, notamment vis-à-vis des critères de conformité des acheteurs et de facilité de lecture et de diffusion des annonces.



Accélérer, une histoire à plusieurs

Leonard accompagne les acteurs de l'écosystème de l'innovation en s'associant, à travers des partenariats au long cours, à des initiatives qui encouragent les porteurs de projets. Zoom sur deux d'entre elles.

Construction Startup Competition : à fond la contech!

Pour la troisième année consécutive, Leonard est partenaire du concours mondial d'innovation le plus important dans le secteur de la construction. La Construction Startup Competition distingue les nouveaux acteurs engagés dans la transformation du secteur pour faire émerger les solutions les plus abouties et les plus durables permettant d'améliorer la productivité et la *supply chain* de la construction, ou proposant de nouveaux matériaux et méthodes. Plus de 2 000 start-up ont déjà tiré leur épingle du jeu en trois éditions. Les finalistes sont conviées à un « Pitch Day » pour présenter leurs solutions à des entreprises et investisseurs reconnus de la contech (contraction de *construction* et de *technology* en anglais). En 2022,

ce Pitch Day a eu lieu en clôture de la grande conférence Groundbreak à La Nouvelle-Orléans¹.

L'innovation plus équitable avec French Tech Tremplin

En 2022, Leonard a accueilli trois nouvelles start-up dans le cadre du French Tech Tremplin : Collab, Green Unit et Deadline. Ce programme, piloté par la Mission French Tech, s'attache à promouvoir la diversité et l'égalité des chances dans l'écosystème français de l'innovation. Il s'organise en deux phases : la « prépa », qui aide les porteurs de projets à démarrer leur entreprise, et l'« incubation », pour développer la start-up grâce à une aide financière et à un accompagnement au travers du réseau d'incubateurs et d'accélérateurs partenaires².

1. <https://lafrenchtech.com/fr/la-france-aide-les-startup/tremplin/>

2. <https://www.cemexventures.com/constructionstartupcompetition/>



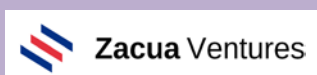
Financement : la climate tech à l'abri des crises ?

La combinaison de facteurs macro-économiques et géopolitiques (crise sanitaire, inflation, augmentation des taux d'intérêt, guerre en Ukraine, perturbation des supply chains...) pèse lourdement sur les dynamiques d'investissement. Mais ce contexte général ne doit pas occulter la diversité des situations régionales et sectorielles. Un secteur en particulier semble tirer son épingle du jeu : la climate tech, ou l'investissement dans les innovations durables en faveur du climat.

Plus de 50 milliards de dollars ont été investis en 2022 dans les start-up de la climate tech, d'après une étude de PwC, soit un peu plus du quart de la totalité des fonds de capital-risque. L'appétence pour le secteur est en progression constante, voire en accélération. Cependant, ce phénomène bénéficie avant tout aux start-up en *early stage* plutôt qu'aux structures plus matures, qui, elles, se heurtent à plus de difficultés pour continuer à lever des fonds.

Comment expliquer cet attrait ? Les réglementations s'intensifient dans tous les secteurs, à l'instar de celle touchant la construction depuis l'entrée en application de la RE2020 (réglementation environnementale), qui définit l'empreinte carbone

maximale d'un bâtiment neuf à sa réalisation. Les manières actuelles de construire n'étant pas compatibles avec les seuils les plus élevés de cette réglementation qui va se durcir jusqu'en 2030, investir dans l'innovation est devenu un incontournable pour les financeurs des technologies de construction (contech). On peut aussi noter l'effet d'entraînement amorcé par les plans d'investissement public (loi sur les ENR, France 2030, plan Biden aux États-Unis...), qui mobilisent de plus en plus de fonds en faveur de la transition écologique. Enfin, il ne faut pas négliger le phénomène de *dry powder* : les fonds d'investissement disposent de réserves importantes dont une large part est d'ores et déjà fléchée vers la climate tech.



Mauricio Weiss, Zacia Ventures

« Notre dernière étude révèle qu'une majorité des fonds d'investissement de la contech

ont l'intention d'augmenter leurs investissements dans le domaine de la sustainability. 30% voudraient accroître leurs investissements dans les nouveaux matériaux de construction. La pression réglementaire a un effet direct sur les priorités d'investissement. Les incertitudes du marché, elles, forcent les investisseurs à se recentrer sur leur cœur de métier et leurs régions clés, ce qui signifie plus d'efforts à fournir pour les start-up qui souhaiteraient attirer des fonds internationaux ou aux verticales multiples. »

Start-up à suivre : Ecoworks, qui crée des habillages « seconde peau » en vue d'améliorer l'empreinte carbone des immeubles, une approche novatrice et industrialisée de la rénovation thermique et énergétique à grande échelle.



Mathias Flattin, Axeleo Capital

« Avec l'accumulation des crises, les priorités changent : moins de nice to have, plus de must have, soit un recentrage sur l'essentiel et les besoins

réels, et moins de spéculatif. Pour les entrepreneurs, cela veut dire être capable de démontrer un impact, d'apporter des solutions par l'innovation à des problématiques sociétales et environnementales pour capter les investissements dès l'amorçage. »

Start-up à suivre : Oculai, qui utilise la vision par ordinateur pour rendre la construction plus efficace mais aussi plus productive, en évitant aux chefs de chantier de nombreuses erreurs dans le processus et l'orchestration des sous-traitants.

Trois start-up qui ont bénéficié de l'accompagnement et du financement de Leonard par l'intermédiaire du programme SEED témoignent de leur parcours de financement.



CAELI ENERGIE

Rémi Pérony, président et fondateur

Date de création : 2020.

Elevator pitch : nous concevons et fabriquons un système de climatisation bas carbone.

Parcours personnel : ingénieur en bâtiment puis master d'école de commerce (Grenoble École de Management), business development dans le secteur de l'énergie en Asie (Business France), Tech Representative du Commissariat à l'énergie atomique pour l'Inde.

Raison d'entreprendre : pas forcément épanoui dans le salariat, j'avais envie de contribuer, d'apporter quelque chose, de trouver des solutions. L'environnement, c'est la responsabilité de notre génération. En Inde, le problème m'a sauté aux yeux, et le croisement de mes différentes expériences professionnelles a fait le reste.

Parcours de financement : un premier pied à l'étrier de 200 000 € apporté en pré-création par le réseau SATT de Grenoble, puis la Bourse French Tech Emergence et un prêt d'honneur du réseau Entreprendre Isère, des aides deep tech et de premiers prêts bancaires. L'*early stage* est assez fluide quand on coche les « bonnes cases » de l'écosystème d'investissement en France : des fondamentaux scientifiques et technologiques crédibles, un marché potentiel important et une bonne équipe. L'effet d'entraînement apporté par ces fonds publics est très net. Mais il faut rapidement ensuite opérer des levées de fonds, et là, c'est plus difficile, parce que les investisseurs se focalisent encore sur des questions auxquelles les start-up deep tech ne peuvent pas répondre, notamment le time-to-market. Petit à petit, on voit quand même un regain d'intérêt pour le hardware et le risque. Il faut amener le secteur de l'investissement tout entier à évoluer vers d'autres types d'indicateurs pour la prise de décision : ceux d'aujourd'hui sont encore trop calibrés pour des entreprises digitales au parcours tout tracé.



OSTREA

Tanguy Blévin, cofondateur

Date de création : 2022.

Elevator pitch : une start-up industrielle qui revalorise les déchets conchylicoles (huîtres, moules, coquilles Saint-Jacques) en matériau innovant et à faible impact carbone.

Parcours personnel : DUT gestion des entreprises (Rennes), master en gestion achats et logistique

(ESC Pau), puis gestionnaire d'achats pour de grands groupes hôteliers internationaux et chargé de développement commercial.

Raison d'entreprendre : quatre amis d'enfance aux profils différents mais complémentaires qui ont toujours eu envie de faire quelque chose ensemble si la bonne idée se présentait un jour. J'ai passé le premier confinement à travailler avec mon frère, qui est ostréiculteur en Bretagne, et la problématique des déchets de production et de leur manque de



valorisation nous a alors donné l'idée ainsi que l'envie de trouver des solutions.

Parcours de financement : une aide pré-crédation de 50 000 € par la bourse Emergys de Bpifrance et la Région Bretagne, et une intégration du technopôle régional qui nous a permis de développer la première version de notre matériau et d'en tester l'attrait auprès de premiers prospects. Puis une levée de dette auprès de banques, des aides de la Région ainsi que des prêts donneurs des réseaux Entreprendre et Initiative pour monter notre première petite usine et entamer la commercialisation. Aujourd'hui, nous préparons notre première levée de fonds, sécurisée à 90 %, pour adapter nos moyens de production, recruter

et investir en R&D. Ce qui a fait la différence, ce sont l'accompagnement et notre ancrage territorial : il y a beaucoup d'aides et de dispositifs publics, mais c'est compliqué de bien les comprendre puis de monter les dossiers. Nos mentors, le technopôle et les réseaux de business angels locaux ont été d'une aide précieuse pour mettre à plat nos ambitions et trouver les bons dispositifs d'aide. C'est un travail à temps plein mais qui paie : être accompagné par les structures de l'innovation et soutenu par la Région nous a donné une crédibilité quasi immédiate. C'est un gros enjeu pour le secteur ostréicole breton et pour le territoire, et nous avons pu nous insérer dans une dynamique pour faire rapidement la preuve de notre utilité.



EP TENDER

Jean-Baptiste Segard,
CEO et fondateur

Date de création : 2012.

Elevator pitch : nous accélérons la transition énergétique des véhicules électriques grand public, grâce à notre remorque *powerbank* intelligente louée à la demande pour des voyages occasionnels de longue distance.

Parcours personnel : formation d'ingénieur (École polytechnique fédérale de Lausanne), puis carrière dans la finance de 1986 à 2012 (gestion d'actifs, création de fonds de pension).

Raison d'entreprendre : je m'étais toujours dit que je n'entreprendrais que le jour où j'aurais une vraie bonne idée et où le risque associé aurait du sens. EP Tender, c'est d'abord une idée de citoyen, rapidement décortiquée par l'ingénieur.

Parcours de financement : j'avais sous-estimé la différence de culture entre la finance et

l'industrie automobile. En finance, le risque est un actif, une matière première, avec des cycles de décision rapides. Dans l'industrie automobile, le risque est un facteur à minimiser, voire à éviter, avec des décisions à long terme qui nécessitent un consensus de l'ensemble de la matrice organisationnelle. Parvenir à faire adopter une solution disruptive externe est un défi redoutable. Des aides publiques et des ressources propres nous ont permis de franchir les étapes de la preuve technique et de la modélisation numérique du marché. Mais il y a un fossé une fois passé ces premiers stades : les fonds VC sont devenus très prudents sur le hardware, notamment lorsqu'il comporte un nouveau modèle économique non encore démontré. Or, réaliser un pilote en conditions réelles nécessite des fonds et donc une prise de risques... Nous espérons y parvenir en associant un financement public, un constructeur et un investisseur financier ou autre acteur de la filière. L'enjeu environnemental et social le mérite !

Leonard et le financement de l'innovation

Le programme SEED finance et accompagne des start-up en amorçage. Sélectionnées pour les solutions innovantes qu'elles proposent dans les secteurs de la construction, des mobilités, de l'immobilier et des énergies, elles bénéficient pendant six mois d'une formation par des experts issus de l'université de Stanford, ainsi que d'ateliers, de sessions de coaching et de mises en relation avec des mentors de VINCI et du réseau d'investisseurs animé par Leonard. En quatre promotions, 30 start-up ont été ainsi accompagnées. En 2022, Leonard s'est engagé dans une démarche de BSA-AIR (bon de souscription d'actions - accord d'investissement rapide) pour soutenir leur développement : ces bons permettent aux start-up de différer l'entrée au capital de leurs investisseurs jusqu'à la première levée de fonds, tout en bénéficiant immédiatement des fonds pour leur croissance.



Nouveaux mondes, objets artistiques ?

Pour sa 5^e édition, le festival Building Beyond, organisé par Leonard, a réuni chercheurs, experts et artistes pour interroger le visible et l'invisible des villes et territoires en transition. En transition vers quoi ? C'est bien la question ! L'art peut-il permettre d'appréhender ces nouveaux mondes ?

Données numériques, mondes immersifs, NFT : autant de concepts immatériels aux emprises bien réelles dans notre quotidien et nos imaginaires. De l'autre côté du spectre, les infrastructures, le sol, la biodiversité, des réalités tangibles que l'on a vite fait d'oublier. « Prendre conscience » est sur toutes les lèvres : les crises s'accumulent, les alertes se succèdent, des scénarios catastrophes qu'il est souvent difficile d'appréhender. Mais les « nouveaux mondes », ce champ d'infinis possibles, ont de quoi faire rêver, car ils restent à écrire.

Et si l'Art avec un grand « A » nous permettait de retirer les œillères, de construire des ponts entre des questions pas si éloignées, de raconter ce qui pourrait être, de donner corps à ce qui est déjà là mais que l'on ne peut toucher ? L'Art interroge, déconstruit, réorganise, permet de comprendre quand les discours ne suffisent plus. C'est en tout cas ce que défendent Albertine Meunier et Antoine Bertin, deux des artistes invités pendant le festival Building Beyond 2022.

Antoine Bertin construit son travail aux intersections, plus particulièrement à l'intersection entre art et science. Ce musicien et scientifique de formation a choisi le son comme nouvelle frontière. Son travail artistique cherche à abolir les barrières entre les disciplines pour explorer le monde invisible et transformer la relation au vivant. Son projet Species Counterpoint, présenté dans le cadre de Building

Beyond, interroge le rapport plante-humain à travers le prisme du son et de la génétique. Dans son installation, un piano mécanique joue une mélodie composée d'après la proximité entre le code génétique d'une plante et celui de l'humain. « *La sonification permet de transformer les données en son, explique-t-il. L'écoute des données et des phénomènes sociaux et environnementaux incite à les penser différemment pour mieux les comprendre. C'est le rôle de l'art que de sculpter de nouvelles perspectives, en particulier l'art numérique en tant que langage partagé par de nombreuses disciplines. Il a cette capacité à créer des ponts, à mettre en rapport des choses qui n'en ont pas forcément, à révéler des relations qui éclairent notre compréhension.* »

Selon Albertine Meunier, du collectif DataDada, c'est l'expérience décomplexée qui permet de rendre tangibles des concepts complexes. Avec *La Patate chaude*, performance participative inaugurée lors du Building Beyond 2022, le collectif donne corps aux NFT et aux portefeuilles numériques avec un concours de vitesse de frappe sur clavier et de vraies pommes de terre qui cachent une œuvre digitale. « *Le dispositif permet de créer une situation, raconte Albertine Meunier. L'art fournit d'autres clés pour comprendre les questions numériques. On crée un moment, on prend le temps d'abord de jouer, puis de discuter pour enfin appréhender. Face à des enjeux intangibles, le prisme de l'expérience rend réel l'immatériel. On simplifie des concepts techniques en les réduisant à une expression appropriable.* »



LEONARD remercie tous ses intervenants 2022

Marion Afaire, Paris&Co · Paul Ardenne, historien de l'art · Hélène Barbé, AgroParisTech · Robert de Barrentin, artiste · Benoît Baume, *Fisheye* · Patrick Bazin, Conservatoire du littoral · Aldo Bearzatto, Festival Close-Up · Darren Bechtel, Brick & Mortar Ventures · Andrea Bego Ghina, Valgo · Hélène Bengorine, La Mutuelle générale · Juliette Berthon, Sogaris · Antoine Bertin, artiste · Tom Birbeck, ARC Marine · Maxime Blondeau, Alma Mater · Fabrice Boissier, Ademe · Élise Bon, VINCI Autoroutes · François Bouché, Valgo · Cindy Bouchez, VINCI Construction · Yazid Boudjedja, Groupe ID'EES · Antoine Boudon, Agyre · Hervé Bougon, Festival Close-Up · Franck Boutté, Franck Boutté Consultants · Florian du Boÿs, Impala Avenir · Cassilde Brenière, Agence française de développement · Élodie Briche, Ademe · André Broto, expert mobilité · Dominique Bureau, Conseil économique pour le développement durable · Fabrice Butty, SRBG · Cabaret contemporain, artistes · Vincent Callebaut, Vincent Callebaut Architectures · Robert Cavnano, Pacific Northwest National Laboratory · Catherine Chabaud, députée européenne · Elsa Chavinier · Julien Chiche, Collectiv Food · Chloé Clair, namR · Jean-Baptiste Colas, Agence de l'innovation de défense · Jean-Gil Contreras, VINCI Energies · Dylan Cote, artiste · Vincent Cottet, Richez_Associés · Antoine Couret, Aleia · Philippe Crist, International Transport Forum · Raphaël Cuvelier, Ocean & Climate Platform · Pascale Dalix, ChartierDalix · Nadège Dauvergne, artiste · Hiba Debouk, AREP · Lucie De Clerck, Entourage social · Jean-Michel Dedôme, VINCI Energies · Frédéric Delrieu, Sixense · Cécile Deman-Enel, Allianz France · Ludovic Demierre, VINCI Construction · Charles-Antoine Depardon, Mairie de Paris · Édouard Dequeker, Essec Business School · Greg De Temmerman, Zenon Research · Silvia Devescovi, Cycle Terre · Papa-Samba Dramé, VINCI Construction · Ivan Drouadaine, VINCI Construction · Aurélie Dubois, Respect Ocean · Thierry Ducellier, Sinay · Julia Dumont, Réseau Canopé · François Durovray, conseil départemental de l'Essonne · Dirk Ebersbach, VIA IMC GmbH · Ruben Eiras, Forum Oceano · Jamila El Abdellaoui, VINCI Construction en France · Victorien Erussard, Energy Observer · Fran Espada, Hovering Solutions · Yuki Esser, Dutch Marine Energy Centre · Erwann Fangeat, Ademe · Mathias Flattin, Axeleo Capital · Emmanuel Fleurier, VINCI Energies · Mélanie Fourcy, Les Canaux · Conor Fürstenberg Stott, Fürstenberg Maritime Advisory · Françoise Gaill, Océan et Climat · Gonzalo Galindo, Cemex Ventures · Émilie Garcia, Bpifrance · Patrice Geoffron, économiste · Michel Gérard, expert réseaux · Sylvain Gladieux, Réseau Éco Habitat · Aurélien Gohier, #Circular4Good · Alexis Goldberg, Engie Solutions · Ignacio Granda Lutz, RatedPower · Caroline Granier, La Fabrique de l'industrie · Axelle Grégoire, chercheuse · Florian Guyot, association Aurore · Caroline Habold, Institut pluridisciplinaire Hubert Curien · Cyrille Hanappe, Architectures Ingénieries Recherches · Marc Henriot, Sopreco · Karine Hurel, Fédération nationale des agences d'urbanisme · Anne-Marie Idrac, France Logistique · Mathieu Jacquot, VINCI Construction · Agnès Joliot, VINCI Immobilier · Daniel Kaplan, Université de la pluralité · Sofiane Kassmi, Sport dans la ville · Ariane Komorn, La Solive · Monique Labbé, Les Ateliers Monique Labbé · Pierre Lafanechère, artiste · Ludovic Laforêt, VINCI Construction · Antoine Laugier, Arcora · Aurélie Lavaud, BimBamJob · Élodie Le Cadre Loret, Engie · Marcus Lehmann, CalWave · Jean-Yves Leloup, artiste · Franck Le Nuellec, CCCA-BTP · Cédric Leonard, RTE · Benoît Lepesant, Caisse des dépôts · Claude-Sébastien Lerbourg, Saint-Gobain · Vincent Le Rouzic, La Fabrique de la Cité · Fabien Laurent, École des Ponts ParisTech · Fabien Le Voyer, ministère de l'Économie, des Finances et de la Relance · Jacques Lévy, Université polytechnique Hauts-de-France · Elisa Lewis, 13 Avenir · Christian Lim, Swen Capital Partners · Olivier Lluansi, Strategy& · Maria Lobelle, Association du site de La Défense · Romain Lucazeau, SCET · Irina Lucke, Omexom · Sébastien Magat, VINCI Construction · Cyril Magnetto, AXA · Sébastien Maire, France Ville durable · David Marchal, Ademe · Jeanne Marchalot, France Télévisions · Florence Marin-Poillot, VINCI Construction · Konstantinos Matsoukas, PropTech1 Ventures · Blandine Melay, Métropole de Lyon · Raphaël Ménard, AREP · Bérengère Mesqui, France Stratégie · Albertine Meunier, artiste · Julien Meyrignac, *Urbanisme* · Nicolas Minvielle, Audencia · Sophie Mougard, directrice de l'École des Ponts ParisTech · Clara Mouisset, Tikehau Capital · Marc Nègre, Kraaft.co · Théo Nepipvoda, *Carenews* · Bruno Nicolas, Actemium · Murielle Noel, VINCI Construction en France · Hervé Novelli, maire de Richelieu · Sophia Ouabi Aissi, La Ressourcerie du BTP · Arnaud Pagès, journaliste · Olivier Pagezy, IDF Investissements et Territoires · Éric Pajot, Ajinomatrix · Quentin Panissod, The Swarm Initiative · Louis du Pasquier, VINCI Autoroutes · Isabelle Patrier, TotalEnergies · Christoph Pflock, Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz · Dominique Pialot, journaliste · Mathilde Pillet, VINCI Construction · Denis Pingaud, Balises · Guillaume Pitron, journaliste · Jean-Damien Pô, Leaders Trust · Geneviève Pons, Europe Jacques Delors · Markus Popp, Omexom · Philippe Ravache, VINCI Construction · Fabien Renou, *Le Moniteur* · Grégory Richa, Opeo Conseil · Paul de Rosny, VINCI Immobilier · Paul Roudaut, Olvo · Charlotte Roule, Engie · Alon Rozen, École des Ponts ParisTech · Stéphane Rutkowski, Vicat · Guy-Pierre Sachot, GeoPost · Isabelle Saint-Yves, artiste · Delphine Sangodeyi, Action Logement · Ouelid Sassi, Miist Group · Marc-André Selosse, Muséum national d'histoire naturelle · Karim Selouane, Resalliance · Édouard Sichel, Gimélec · Margarita Skarkou, 2150vc · Léo Soesanto, journaliste · Sébastien Soriano, IGN · Rita Sousa, Faber Climate/Ocean Tech · Isabelle Spiegel, VINCI · Matthieu Szczepaniak, Compagnons Bâisseurs Centre-Val de Loire · David Temam, Softsystems · Khadija Tighanimine, VINCI Energies · Antoine de Tilly, La Salle à manger · Benjamin Tincq, Marble · Sylvie Tissot, artiste · Jérôme de Tomasi, Waste Marketplace · Hugo Topalov, Bellastock · Virginie Tournay, écrivaine · Lola Vallejo, Iddri · Eric Veith, Offis · Raphaël Ventre, VINCI Autoroutes · Anne Vial, Cerema · Laurent Vigneau, Artelia · Emma Vilarem, [S]CITY · Felipe Vilas-Boas, artiste · Alice Vitoux, [S]CITY · Louis-Noël Viviers, Energy Observer · Anais Voy-Gillis, June Partners · Camille Waintrop-Boyon, France Ville durable · Mauricio Weiss, Zacua Ventures · Nicolas Wolff, VINCI Construction · Christian Wörner, VIA IMC GmbH

Direction de la publication

Leonard

Conception éditoriale et graphique

Usbek & Rica

Textes

Alice Carnec

Guillaume Ladvie

Arnaud Pauchenne

Guillaume Renouard

Éric Senabre

Secrétariat de rédaction

Jordy Niess

Illustrateurs

Nicolas Bascop (Géographies, p. 8)

Thomas Haymann (Voyageurs, p. 46)

Tom Peake (couverture et Boussoles, p. 29)

Visuels et illustrations

Augusto Da Silva – Graphix-Images (p. 49)

Droits réservés (p. 24, 25, 48, 49, 50, 52 et 55)

Ledèi (p. 12)

Machine26 (p. 50)

Midjourney : /imagine prompt: digital workplace, futurist:: computer chip::1 futuristic::1 (p. 22)

Photothèque VINCI (p. 32)

La Rue commune (p. 14)

Shutterstock (p. 10, 11, 15, 20, 21, 34, 40, 41, 44 et 48)

Alexis Toureau (p. 3, 38, 42 et 51)

Unsplash :

C. Cardinalli (p. 30)

DeepMind (p. 36)

S. Weeteling (p. 19)

À PROPOS

Leonard est la plateforme de prospective et d'innovation du groupe VINCI.

Construction, mobilité, immobilier, énergie, ville durable : nous accompagnons

les projets qui inventent le futur des villes et des territoires.

Retrouvez-nous sur leonard.vinci.com et @WeAreLeonard.

Veille, événements, actualités : rejoignez notre communauté en vous inscrivant à notre newsletter (bit.ly/Leonard_NL).

Rendez-vous à Leonard:Paris!

6, place du Colonel-Bourgoin

75012 Paris (France)

contact.leonard@vinci.com





LEONARD

Le laboratoire du futur
des villes et des territoires

#WeAreLeonard
leonard.vinci.com

ensemble @ VINCI 