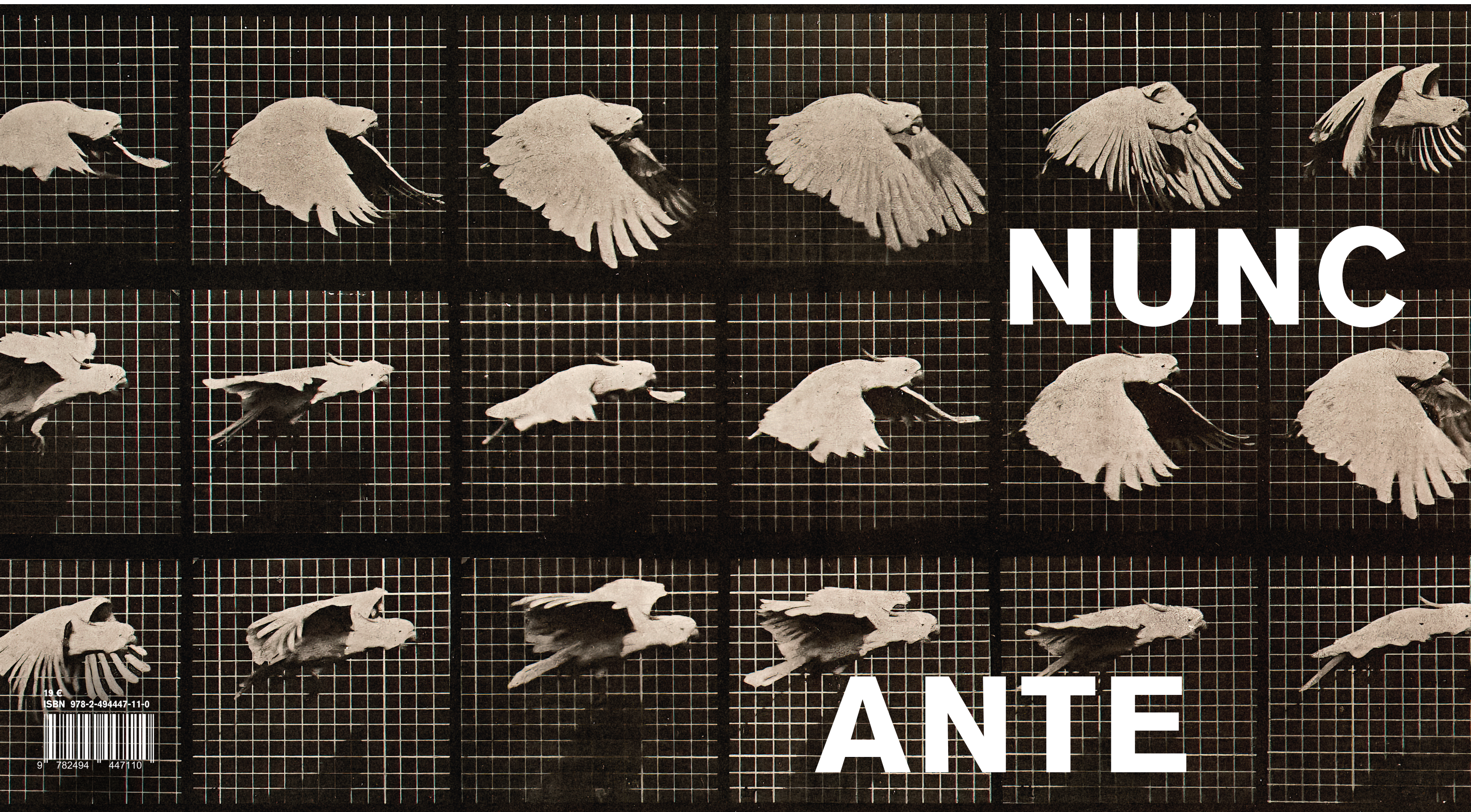


POST est une revue qui explore le monde post-carbone, en particulier dans le domaine de l'architecture, de l'urbanisme, de l'ingénierie et du design. Fruit, entre autres, des recherches, réflexions et réalisations menées par le groupe AREP, agence de conception pluridisciplinaire, elle ouvre largement ses pages aux contributions externes d'expérimentateurs, de praticiens, de penseurs et d'experts de nombreuses disciplines. Son ambition est de favoriser les interactions et les dialogues entre tous les acteurs qui tentent de donner à voir et faire advenir un futur soutenable.

AREP

POST

n° 4



NUNC

ANTE

19 €
ISBN 978-2-494447-11-0



9 782494 447110

Tempus edax rerum¹

« **L**'année (scolaire) à peine a fini sa carrière », et voici donc, livré en temps et en heure encore une fois, le nouveau millésime de *POST* ! Le bouclage du précédent – et épais – numéro, consacré au vivant sous toutes ses formes², avait été particulièrement intense. Puis quelques mois d'été passèrent, pendant lesquels nous pûmes, numéro 3 en main, enfin nous écrier :

« *Laissez-nous savourer les rapides délices
Des plus beaux de nos jours !* »

Mais les obligations reviennent vite, hélas, et à la rentrée 2024, une petite voix se fit entendre : « *Que faites-vous des jours que vous engloutissez ?* » Il était temps de remettre l'ouvrage sur le métier, sans se plaindre, contrairement au « *vent qui gémit* » et au « *roseau qui soupire* ».

C'est donc le thème du temps que nous avons retenu cette fois-ci pour le dossier principal, ne résistant pas à la possibilité, *hic* et surtout *nunc*, d'en faire un titre un peu énigmatique – une mauvaise habitude prise au précédent numéro avec le « Nous sommes les 0,01 % » – permettant de « jouer » avec notre titre *post* et son antonyme *ante*.

De ce temps, dévoreur de toutes choses (ça, c'est pour le titre de l'édito), il n'en aura pas fallu beaucoup pour nous convaincre de son extrême richesse d'angles et de sa capacité à produire une foulitude de sujets dans les domaines qui sont chers aux équipes d'AREP, concepteurs et acteurs de projet, à toutes les échelles d'infrastructures urbaines et de mobilités. Nous nous sommes intéressés à la façon dont l'accélération des transports a bousculé notre rapport au temps autant qu'à l'espace ; au rapport intime au temps à travers l'accélération des rythmes de vie ; à la prise en compte du temps dans les projets et à la lutte contre « l'obsolescence des lieux » ; mais aussi à des réflexions sur le temps court de l'urgence écologique jusqu'au temps très long du climat après 2100 ou de la science-fiction.

Si vous nous connaissez déjà, vous ne devriez pas être trop dépaysés par cette nouvelle livraison. Nous avons gardé les mêmes recettes (le temps passe... et quelques habitudes s'installent, malgré tout !) : toujours 148 pages – pari tenu pour ce passage à un format élargi depuis le numéro 3 ! –, avec le savant équilibre entre sérieux et clins d'œil, entre propositions des autrices et auteurs d'AREP, et entretiens avec de nombreux invités, entre réflexions de fond sur nos métiers faits d'espace et de temps, et curiosités de cabinet où vous avez pris l'habitude, peut-être, d'aller piocher quelques anecdotes pour vos dîners en ville... Le tout avec une qualité graphique et iconographique franchement irréprochable, ne donnons pas dans le chleuasme !

Nous en profitons, comme toujours, pour saluer et remercier chaleureusement toutes les contributrices et tous les contributeurs, et bien sûr l'équipe de pilotage du projet toujours au top. Dernière précision, résistant à la tentation de... gagner du temps : cet édito, certes un peu « perché », est certifié sans IA ! Nous vous souhaitons un très bel été 2025, profitez-bien ! « *Hâtons-nous, jouissons !* » de la lecture de ce bel opus. Et rappelez-vous :

« *L'homme n'a point de port, le temps n'a point de rive ;
Il coule, et nous passons !* »

Nota : les citations sont issues du poème « Le Lac », d'Alphonse de Lamartine (*Méditations poétiques*, 1820), celui qui contient le célèbre « *Ô temps ! suspends ton vol* ».

- 1. Ovide, *Métamorphoses* (XV, 234).
- 2. « Nous sommes les 0,01 % », *POST* n°3, 2024.

Raphaël Ménard
président du directoire d'AREP

Philippe Bihoux
directeur général d'AREP

Élise Dageons
directrice déléguée d'AREP



← Gravure d'Alexandre de Bar illustrant le poème « Le Lac », du recueil *Méditations poétiques* d'Alphonse de Lamartine, L. Curmer (Paris), 1861, planche pour strophe 5 : « Tout à coup des accents inconnus à la terre (...) » © Bibliothèque nationale de France

BUREAUX D'AREP, PARIS 13^e, AVRIL 2025...

MERCI À TOUS ET TOUTES D'ÊTRE PRÉSENTS À CETTE RÉUNION D'URGENCE. LE PROCHAIN NUMÉRO DE POST DOIT ÊTRE BOUCLÉ DANS 24 HEURES...

... ET VOUS N'AVEZ PAS ENCORE ÉCRIT LE MOINDRE ARTICLE. J'AI L'IMPRESSION QU'IL Y A DU LAISSER-ALLER AU SEIN DE L'ÉQUIPE ! J'EXIGE DES EXPLICATIONS !

SI JE PEUX ME PERMETTRE PATRON... LE MAGAZINE SERA PRÊT À TEMPS...

J'AI DÉVELOPPÉ UNE INTELLIGENCE ARTIFICIELLE SPÉCIALEMENT POUR AREP, ENTRAÎNÉE SUR LES PRÉCÉDENTS NUMÉROS DE POST. ELLE EST CAPABLE DE GÉNÉRER UN MAGAZINE EN QUELQUES HEURES SEULEMENT.

QUOI ?! ATTENDEZ...

ON NE PEUT PAS FAIRE ÇA ! LAISSER UNE MACHINE ÉCRIRE DES ARTICLES À NOTRE PLACE, VOUS VOUS RENDEZ COMPTE ?! ON COMMENCE COMME ÇA, ET BIENTÔT, C'EST TOUTE L'AGENCE AREP QUI NE SERA QU'UN ALGORITHME QUI GÉNÉRERA DES LIVRABLES POUR DES CLIENTS, EN UN CLAQUEMENT DE DOIGTS ! ET NOUS, QU'EST-CE QU'ON FERA PENDANT CE TEMPS-LÀ, HEIN ?

PEUT-ÊTRE... QU'ON POURRAIT UTILISER LE TEMPS LIBÉRÉ POUR EN FAIRE MOINS, DÉCARBONER NOS VIES, RALENTIR... LIRE, SE REPOSER, PASSER DU TEMPS AVEC NOS FAMILLES, NOS AMIS, MÉDITER, SE BALADER LE LONG DES BERGES, ALLER AU CINÉMA, FAIRE DU YOGA...

FAIRE DU YOGA ? VOUS PLAISANTEZ MORGANE ? ET POURQUOI PAS DU CROCHET, TANT QUE VOUS Y ÊTES ?

BONNE IDÉE ! QUID D'UN "POST ÉVASION" AVEC DES DOSSIERS POUR PRÉPARER DES VACANCES D'ÉTÉ ZÉRO CARBONE ?

MAIS AJOUTONS QUELQUES FAUTES D'ORTHOGRAPHE AVANT DE LANCER L'IMPRESSION ! SI QUELQU'UN SE REND COMPTE QUE CE TRUC EST GÉNÉRÉ PAR IA...

CHEF... ON POURRAIT METTRE À PROFIT CE TEMPS SUPPLÉMENTAIRE POUR ÉTOFFER NOTRE OFFRE ÉDITORIALE !

EXCELLENT, MICHEL ! ALLEZ, FAIS TOURNER TON LOGICIEL !

VOUS POURREZ TOUS DIRE ADIEU À VOS BOULOTS !

*Avertissement : contrairement à ce qui est spéculé dans ce strip, tout le contenu de ce numéro de POST est écrit et mis en page par des humains.

Comic détourné : *Is This Tomorrow: America Under Communism* / 1947

9	Timbre-POST Symptômes et possibles d'un monde (post-)carbone
12	Coup d'œil Optimisation des ressources Chronotopie, repenser la temporalité des espaces
16	Grand entretien Luc Gwiazdzinski, « <i>Nous avons toujours aménagé l'espace pour gagner du temps. Et si nous aménagions le temps pour gagner de l'espace ?</i> »
22	Glossaire Les mots du temps
	DOSSIER POST, NUNC, ANTE
28	Temps et mobilités La parole à Arnaud Passalacqua, La victoire en trompe-l'œil du temps sur l'espace. Et si l'express avait un train de retard ?
34	Temps qui reste Trois questions à Jenny Raflik-Grenouilleau
36	Temps et ferroviaire Stéphanie Sauget, Les gares de chemins de fer et la transformation de la culture du temps en France au XIX ^e siècle

40	Cabinet de curiosités Une valse à mille temps dans les rouages de l'atelier Bodet
42	Cabinet de curiosités 43 ans dans la vie d'Anna
44	Temps et rythmes Changement climatique, crise écologique : une question de rythmes ?
48	Temps et écologie Alexis Vrignon, L'urgence écologique, son importance et son usure
52	Temps et climat En 2500, une Terre méconnaissable
56	Temps et gestion forestière Forêts françaises et régénération assistée, une réponse adaptée ?
60	Temps et architecture Dettes constructives. L'architecture à l'épreuve de l'entropie
68	Fin du mois, fin du monde Christian Gollier, « <i>Tout ce qui est vert n'est pas nécessairement désirable</i> »
70	Temps et patrimoine Habiter le monde autrement

74	Temps et archivage Mémoire numérique. Le casse-tête de la conservation du monde 2.0
78	Temps et prospective Samah Karaki et Christophe Mangeant : comment se projeter dans un futur incertain ?
82	Temps qui passe Pourquoi le temps semble-t-il passer plus vite quand on vieillit ?
	IMAGINAIRES
86	Portfolio Carte blanche à Eric Tabuchi et Nelly Monnier
92	Temps et représentations BIM 4D et choix de mobilité(s)
98	La petite histoire de la mesure du temps
100	Voyage « Slow life », « slow tourisme »... la lenteur dans tous ses états
104	Techno-utopies Dave Karpf, « <i>Comme les milliardaires de la tech imaginent créer un avenir lointain radieux, ils ne se soucient pas du présent</i> »

108	Science-fiction Roland Lehoucq, « <i>Le “there is no alternative” n'existe pas en SF</i> »
112	Portfolio Saint-Lazare, 180 ans d'architecture d'une gare parisienne
	POST JUNIOR
120	Temps et civilisations
122	Bande dessinée <i>L'homme qui vendait des arbres</i>
126	Les penseurs du temps
	POINTS DE VUE
130	Idée L'arbre, le temps et le projet
134	Regards croisés
143	Pour aller plus loin
144	POST à la loupe



Timbre-POST

Symptômes et possibles d'un monde (post-)carbone

textes Gaëlle Bon-Simonetti et Anaëlle Tramaille

Dans le contexte du changement climatique, les facteurs espace et temps deviennent cruciaux pour penser la ville de demain. Entre intensification des usages, réglementations environnementales de plus en plus strictes et pratiques d'urbanisme circulaire, la place que ces paramètres occupent dans les dynamiques d'aménagement influence directement l'avenir de nos villes. Extraits d'actu.

En Sibérie, le pergélisol fond et les immeubles s'affaissent

En Iakoutie, dans l'Extrême-Orient russe, le dégel accéléré du pergélisol (ou permafrost) transforme le paysage, qui se couvre de bosses. Ces monticules, appelés *bylars* en langue iakoute, se forment progressivement et peuvent atteindre jusqu'à un mètre de hauteur. Ce phénomène, connu sous

le nom de thermokarst, a commencé il y a une quarantaine d'années, mais s'intensifie désormais sous l'effet du changement climatique et de la hausse des températures. À Iakoutsk, un record a même été enregistré en janvier de cette année : -8 °C, contre une moyenne habituelle de -40 °C à la même période. Les conséquences sont multiples : les espaces entre les bosses s'affaissent, provoquant notamment des effondrements d'immeubles. Plus de 40 % des bâtiments situés en zone de pergélisol – qui recouvre environ 65 % du territoire russe – seraient concernés. Autre effet préoccupant : ce dégel accéléré libère davantage de méthane, un puissant gaz à effet de serre. •

Nouvelle cartographie des puits de carbone terrestres

Les forêts ne sont pas les principaux puits de carbone terrestres. C'est ce qu'affirme une récente étude montrant qu'en réalité, les sols, les sédiments des lacs et étangs, et les zones humides stockent une quantité bien supérieure de CO₂ atmosphérique que les forêts,

représentant jusqu'à 94 % du carbone capté par les continents au cours de la dernière décennie. Identifier finement le rôle de chaque « compartiment » du puits de carbone terrestre s'avère crucial pour affiner les prévisions climatiques. Par exemple, avec 64 % des zones humides perdues depuis le début du XX^e siècle, cette nouvelle compréhension de leur rôle majeur dans l'absorption du carbone souligne indéniablement l'urgence de les protéger et de les restaurer. •

Climat et temps : une seconde de trop ?

De récentes études, comme celle menée par le géophysicien américain Duncan Carr Agnew, ont permis de mieux comprendre comment la fonte des glaces, accélérée par le changement climatique, perturbe la mesure du temps. En modifiant la répartition des masses terrestres (transfert d'eau des pôles vers l'équateur et les océans), cette fonte ralentit la rotation de la Terre, qui définit le temps universel (TU). Pour compenser les irrégularités de cette rotation, on utilise le temps universel coordonné (UTC), fondé sur la précision des horloges atomiques et ajusté ponctuellement par l'ajout de « secondes intercalaires ». Or, le ralentissement de la rotation terrestre pourrait conduire à devoir retrancher une seconde à l'UTC. Un nouveau défi pour les systèmes de chronométrage de haute précision. •

BatiDéchets facilite la reprise des déchets de chantier

Afin de simplifier la gestion des déchets de chantier pour les professionnels du secteur, la Fédération française du bâtiment (FFB) a lancé BatiDéchets. Accessible en ligne, l'outil permet de localiser facilement les solutions de reprise gratuite pour les différents types de déchets (matériaux de construction, produits chimiques, outillage de peinture, etc.), conformément aux réglementations des filières REP (responsabilité élargie du producteur)². BatiDéchets détaille aussi les démarches à suivre auprès des éco-organismes concernés. •
→ batidechets.ffbatiment.fr

Lutter contre le « gaspillage immobilier »

Fin 2024, lors d'un séminaire consacré à la chronotopie ([lire page 14](#)), le Bureau des temps³ de Rennes a présenté l'IntensiScore, un indicateur universel conçu pour mesurer l'usage réel des bâtiments, en évaluant notamment leur niveau d'occupation effective. L'outil permet d'identifier le potentiel d'intensification des usages⁴ qu'offre un bâtiment, une démarche qui invite à repenser l'organisation et le partage des lieux, et porteuse

de multiples bénéfices : réduction des besoins en construction, diminution de l'empreinte environnementale des villes, encouragement au vivre-ensemble... À la fois outil de diagnostic, support de réflexion stratégique et guide opérationnel, l'IntensiScore vise à faire évoluer les pratiques en faveur d'un urbanisme circulaire. •
→ intensiscore.m2intenses.com

dixit.net, l'actualité de l'urbanisme circulaire

Créée en 2015 par Sylvain Grisot, dixit.net est une agence de conseil et de recherche en urbanisme qui diffuse chaque mercredi une newsletter qui décrypte les grands enjeux de la ville. L'édition du 5 mars 2025 met par exemple en lumière le concept de « pico-promotion immobilière » développé par Au Bercail. Cette structure, créée en 2017 à Chambéry par les urbanistes Sarah Cohen et Claire Lucas, est spécialisée dans la réalisation de petits groupes d'habitat urbain, bien intégrés dans leur environnement grâce à un dialogue avec les riverains, offrant des logements intelligemment agencés et durables. Un travail délicat qui place l'humain au centre, là où des opérations d'ampleur ou standardisées n'auraient pas de sens. •
→ dixit.net/newsletter201

« Pour une agriculture bas carbone, résiliente et prospère »

Tel est le programme dévoilé dans le dernier rapport du Shift Project (novembre 2024), think tank français œuvrant en faveur d'une économie non dépendante des énergies fossiles. Cette étude s'appuie sur une consultation nationale menée auprès de plus de 7 700 agriculteurs, et une méthodologie collaborative impliquant plus de 300 participants et 150 organisations. Le rapport vise à renforcer la résilience des systèmes agricoles et à assurer leur viabilité économique tout en réduisant leur empreinte environnementale. Il propose des scénarios pour faire face aux défis énergétiques et climatiques, dans un objectif de neutralité carbone d'ici 2050, aligné avec le Plan de transformation de l'économie française (PTEF). Par exemple, il recommande la mise en place de pratiques agroécologiques telles que la rotation des cultures et l'agroforesterie pour réduire les émissions de gaz à effet de serre et améliorer la résilience des sols. •

Loi Trace : plus souple que la ZAN ?

Adoptée par le Sénat le 18 mars 2025, la loi Trace vise à instaurer – comme l'indique le détail de son nom – une trajectoire de réduction de l'artificialisation concertée avec les élus. Elle assouplit l'objectif

de zéro artificialisation nette (ZAN) à l'horizon 2050, défini par la loi éponyme, en réintroduisant une méthode de calcul de la consommation foncière plus souple et familière aux élus locaux. L'objectif de réduction intermédiaire, établi pour 2031, a aussi été supprimé afin de permettre aux régions de définir elles-mêmes le rythme qui leur semble localement le plus approprié pour atteindre l'objectif final national de 2050. Héritière de la loi ZAN, cette révision intervient sans que cette précédente, plus ambitieuse, n'ait eu pleinement le temps d'être appliquée. •

L'électrolyse marine pour construire bas carbone ?

Mise au point par des scientifiques américains de l'université de Northwestern, cette technique pourrait à la fois permettre de capturer du CO₂ (jusqu'à la moitié de sa masse en fonction des conditions appliquées au système) et de générer de l'hydrogène, ainsi que des sous-produits minéraux solides comme l'hydroxyde de magnésium – Mg(OH)₂ – ou le carbonate de calcium – CaCO₃ –. Issus de réactions chimiques en chaîne induites par l'application simultanée d'un courant électrique et l'injection de CO₂ gazeux dans de l'eau de mer, ces dépôts électrochimiques font l'objet de recherches exploratoires. Si certains envisagent déjà leur utilisation comme substitut potentiel au sable ou au gravier dans la fabrication du béton, leur efficacité, leur impact environnemental et leur viabilité

à grande échelle restent à ce jour très incertains et doivent faire l'objet d'une évaluation rigoureuse. •

L'IA au service du climat : une illusion ?

Malgré leur engagement en faveur de la neutralité carbone, les géants de la tech (Apple, Google, Meta, OpenAI, etc.) ne contiennent pas l'empreinte écologique réelle de l'IA qu'ils déploient à grande échelle. Et si leurs promesses se multiplient, les données qu'ils rendent publiques sont incomplètes, souvent opaques, voire minimisées. Par exemple, Microsoft affirme utiliser l'IA pour réduire ses émissions alors que son empreinte carbone a augmenté de 30 % depuis 2020, en grande partie à cause de cette même technologie. Sous couvert de responsabilité écologique, ce discours techno-solutionniste est avant tout un argument marketing. L'absence de transparence sur les données environnementales entretient, pour l'heure, une illusion verte. •

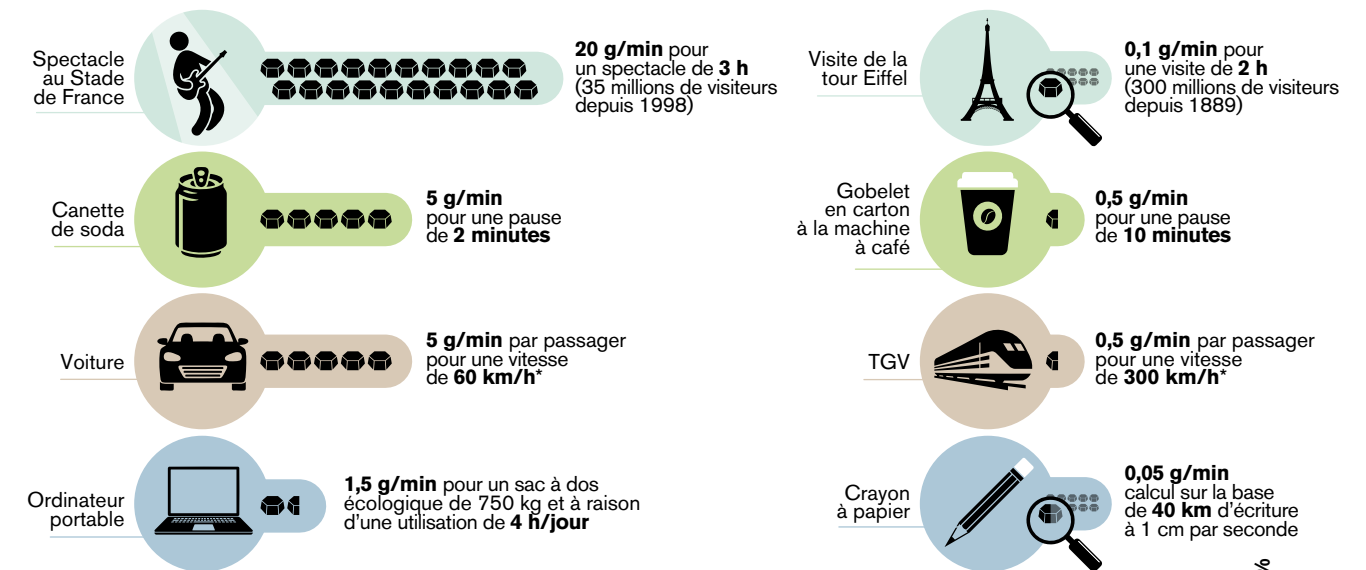
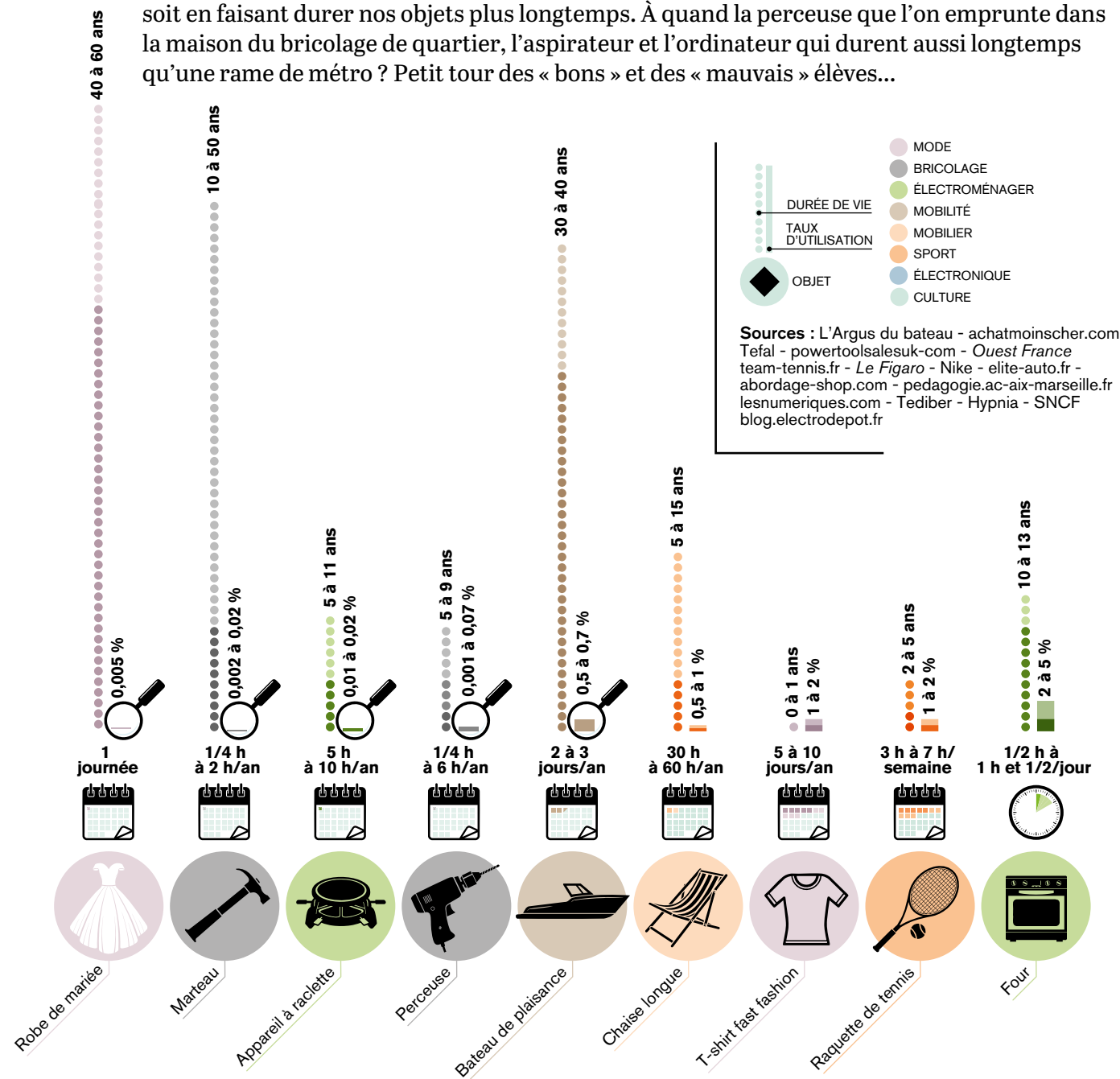
1. Yinon Bar-On *et al.*, "Recent gains in global terrestrial carbon stocks are mostly stored in non living pools", Science 387, 1291-1295, mars 2025.
2. Dispositif réglementaire qui rend les entreprises productrices de certains produits responsables de la gestion de leurs déchets en fin de vie.
3. Services dédiés aux politiques temporelles au sein des villes afin d'organiser les usages des habitants en fonction de leurs besoins et de l'évolution des modes de vie. Lire page 16.
4. Par exemple, mutualisation des espaces entre différents acteurs, comme les écoles qui peuvent accueillir d'autres activités lorsqu'elles sont inoccupées (soirs, week-ends, vacances).

Coup d'œil

données Philippe Bihoux et Morgane Delarc **design** Julien Peltier

Optimisation des ressources

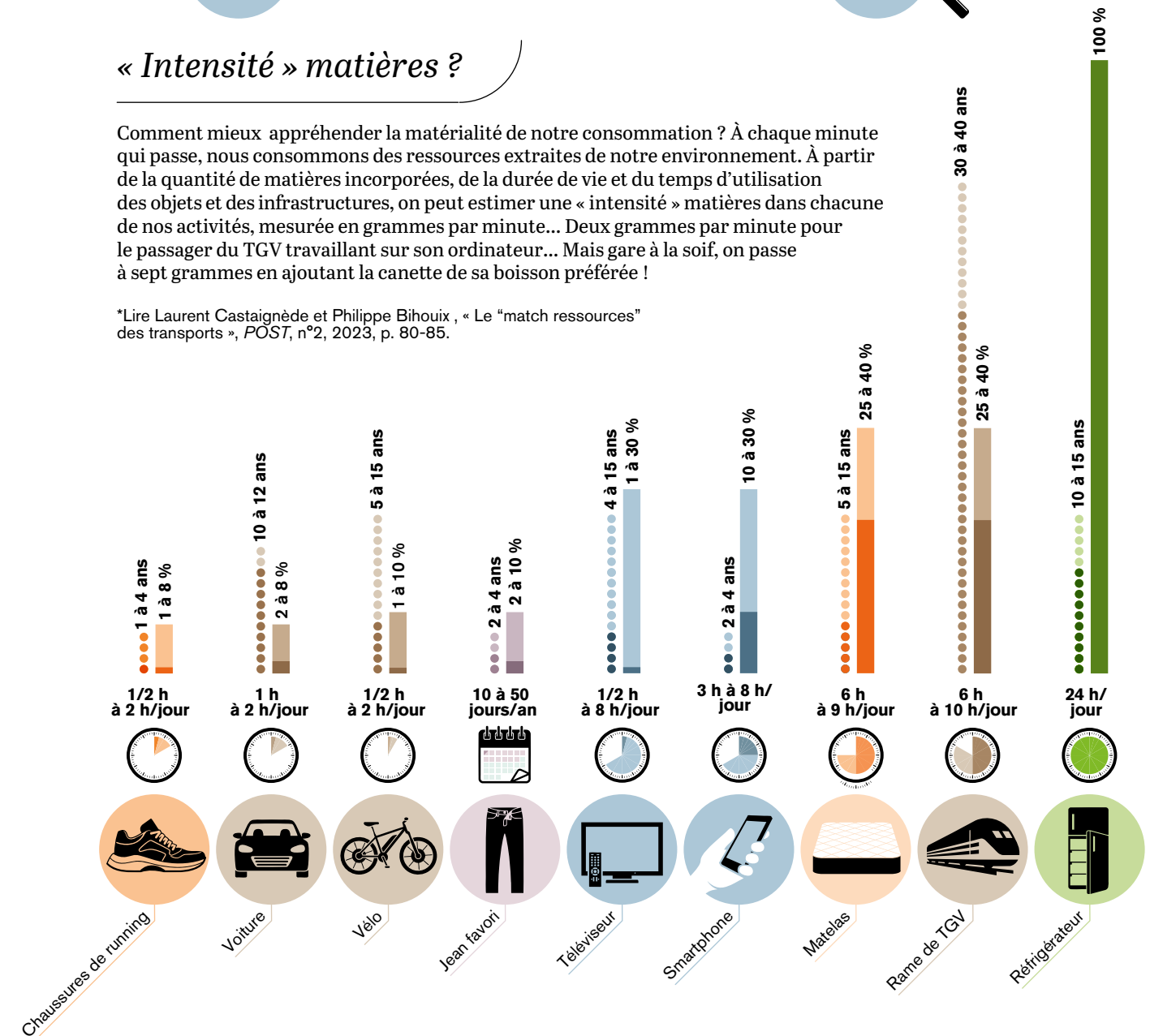
De la paire d'écouteurs connectés au tramway dans lequel on monte, chaque fabrication « embarque » de précieuses ressources. Pour les économiser, il existe un levier particulièrement efficace : fabriquer moins, soit en partageant, en mutualisant et en intensifiant les usages, soit en faisant durer nos objets plus longtemps. À quand la perceuse que l'on emprunte dans la maison du bricolage de quartier, l'aspirateur et l'ordinateur qui durent aussi longtemps qu'une rame de métro ? Petit tour des « bons » et des « mauvais » élèves...



« *Intensité* » matières ?

Comment mieux appréhender la matérialité de notre consommation ? À chaque minute qui passe, nous consommons des ressources extraites de notre environnement. À partir de la quantité de matières incorporées, de la durée de vie et du temps d'utilisation des objets et des infrastructures, on peut estimer une « intensité » matières dans chacune de nos activités, mesurée en grammes par minute... Deux grammes par minute pour le passager du TGV travaillant sur son ordinateur... Mais gare à la soif, on passe à sept grammes en ajoutant la canette de sa boisson préférée !

*Lire Laurent Castaignède et Philippe Bihoux , « Le “match ressources” des transports », *POST*, n°2, 2023, p. 80-85.



Chronotopie

Repenser la temporalité des espaces

données Émilie Bajolet et Florence Michel **design** Julien Peltier

Les pères fondateurs

**Gaston
BACHELARD**

1884-1962
Philosophe français

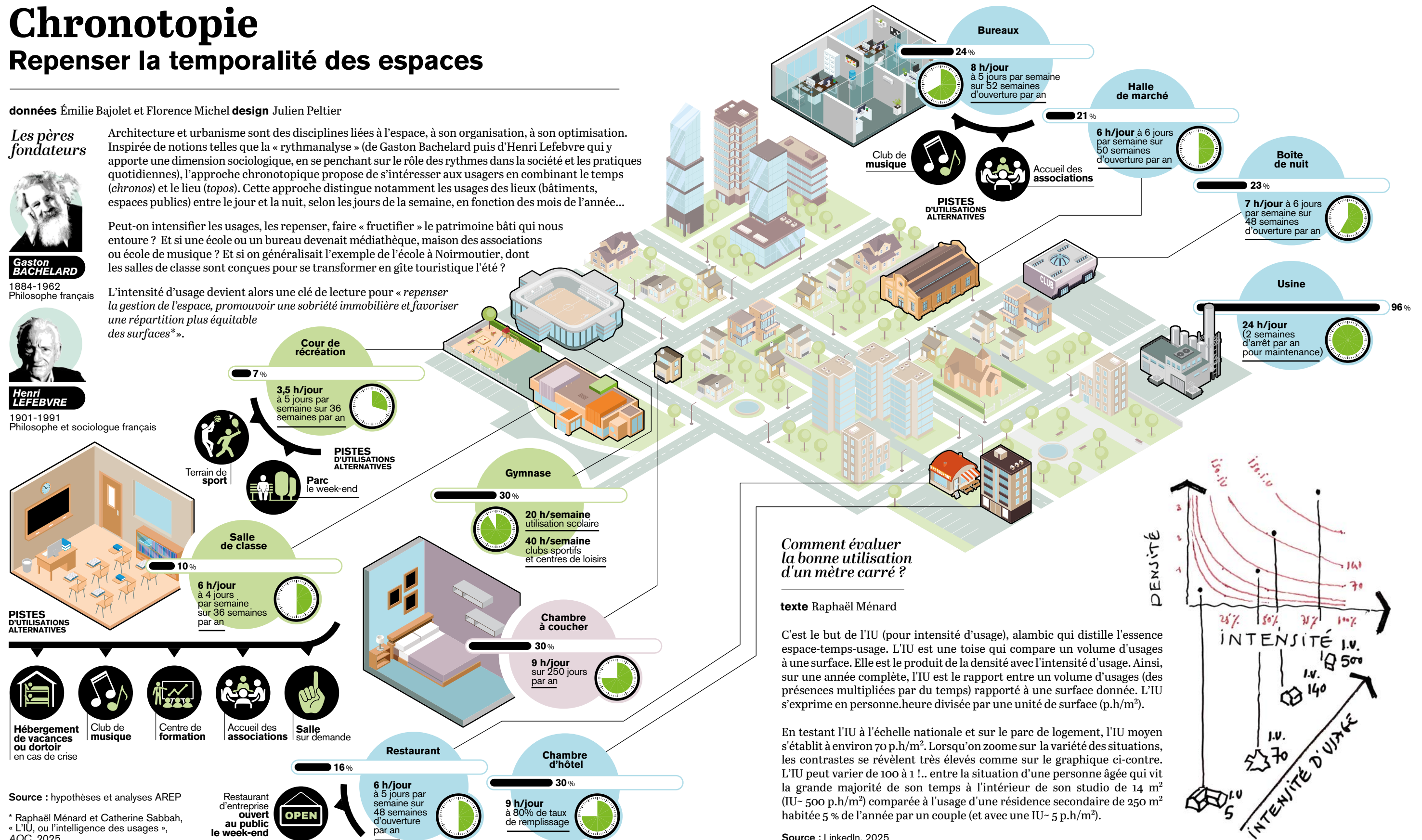
**Henri**
LEFEBVRE

1901-1991
Philosophe et sociologue français

Architecture et urbanisme sont des disciplines liées à l'espace, à son organisation, à son optimisation. Inspirée de notions telles que la « rythmanalyse » (de Gaston Bachelard puis d'Henri Lefebvre qui y apporte une dimension sociologique, en se penchant sur le rôle des rythmes dans la société et les pratiques quotidiennes), l'approche chronotopique propose de s'intéresser aux usagers en combinant le temps (*chronos*) et le lieu (*topos*). Cette approche distingue notamment les usages des lieux (bâtiments, espaces publics) entre le jour et la nuit, selon les jours de la semaine, en fonction des mois de l'année...

Peut-on intensifier les usages, les repenser, faire « fructifier » le patrimoine bâti qui nous entoure ? Et si une école ou un bureau devenait médiathèque, maison des associations ou école de musique ? Et si on généralisait l'exemple de l'école à Noirmoutier, dont les salles de classe sont conçues pour se transformer en gîte touristique l'été ?

L'intensité d'usage devient alors une clé de lecture pour « repenser la gestion de l'espace, promouvoir une sobriété immobilière et favoriser une répartition plus équitable des surfaces* ».



Comment évaluer la bonne utilisation d'un mètre carré ?

texte Raphaël Ménard

C'est le but de l'IU (pour intensité d'usage), alambic qui distille l'essence espace-temps-usage. L'IU est une toise qui compare un volume d'usages à une surface. Elle est le produit de la densité avec l'intensité d'usage. Ainsi, sur une année complète, l'IU est le rapport entre un volume d'usages (des présences multipliées par du temps) rapporté à une surface donnée. L'IU s'exprime en personne.heure divisée par une unité de surface (p.h/m²).

En testant l'IU à l'échelle nationale et sur le parc de logement, l'IU moyen s'établit à environ 70 p.h/m². Lorsqu'on zoome sur la variété des situations, les contrastes se révèlent très élevés comme sur le graphique ci-contre. L'IU peut varier de 100 à 1 !.. entre la situation d'une personne âgée qui vit la grande majorité de son temps à l'intérieur de son studio de 14 m² (IU= 500 p.h/m²) comparée à l'usage d'une résidence secondaire de 250 m² habitée 5 % de l'année par un couple (et avec une IU= 5 p.h/m²).

Source : LinkedIn, 2025

Source : hypothèses et analyses AREP

* Raphaël Ménard et Catherine Sabbah,
« L'IU, ou l'intelligence des usages »,
AOC, 2025.

GRAND ENTRETIEN

Luc Gwiazdzinski

« Nous avons souvent aménagé l'espace pour gagner du temps. Et si nous aménagions le temps pour gagner de l'espace ? »

propos recueillis par Pauline Fricot photographie Ludo Charles

La ville est souvent pensée en termes d'espace et non de temps. Cette tendance a entraîné de nombreux impacts négatifs : saturation de nos agendas, conflits d'usages, artificialisation des territoires, inégalités d'accès à la ville... Pour y remédier, Luc Gwiazdzinski, géographe et spécialiste des questions de temps, adopte une approche « chronotopique » de la ville, alliant temps et espace. Il défend l'idée d'une ville malléable, polyvalente, et celle d'un urbanisme tactique qui s'adapte aux heures et aux saisons.



Luc Gwiazdzinski est géographe, professeur à l'École nationale supérieure d'architecture (Ensa) Toulouse. Ses travaux portent notamment sur les questions de temps et de chronotopie, mais aussi sur la nuit. Il codirige deux séminaires internationaux sur ces questions : « Nouvelles proximités » et « Rythmologies ». Il a dirigé de nombreux programmes de recherche, colloques internationaux et ouvrages sur ces thèmes, parmi lesquels *La Ville 24 heures sur 24* (2003) et *La Nuit, dernière frontière de la ville* (2005) aux éditions de l'Aube, mais aussi *Chronotopies* (Elya éditions, 2017) et *Les Nouvelles Proximités* (FYP éditions, 2024).

Vous êtes géographe et vous avez décidé de vous spécialiser dans la question du temps. Pourquoi ?

Traditionnellement, le géographe pose un certain nombre de questions – quoi, qui, où, pourquoi ? – et on attend de lui qu'il dessine des cartes. Avec d'autres, j'ai essayé d'ajouter la question « quand ? » : Quelle saison ? Quel jour ? Quelle heure ? Car la ville évolue en permanence. Paris en journée n'est pas Paris la nuit. Paris au mois d'août n'est pas Paris en hiver. La ville change et tout ne fonctionne pas au même rythme. Il suffit de quitter un espace urbain un an ou deux pour constater à quel point il évolue. La ville est trop souvent considérée comme une entité moyenne, avec *x* commerces ouverts, *x* personnes présentes. Quand on parle de la population d'une ville, la statistique se rapporte par exemple au lieu où les gens dorment, et non pas à celui où ils vivent. Quand on aménage un quartier, on questionne généralement les gens qui dorment dans le secteur mais pas celles et ceux, travailleurs ou touristes, qui le fréquentent éveillés mais qui dorment ailleurs. J'ai commencé à travailler sur ces questions dans les années 1990 et j'ai réalisé ma thèse de doctorat sur la nuit. J'avais constaté que l'on ne circulait pas dans la ville de la même façon selon les moments : un parc est attractif le jour, mais peut être répulsif la nuit. J'ai remarqué que les élus, les chercheurs et la population en général s'intéressaient peu à ce temps spécifique de la nuit et qu'au mieux, on cherchait à le contrôler, avec un couvre-feu par exemple. Nous n'avions pas de données sur le nombre de personnes en circulation ni sur le nombre de commerces ouverts. À l'époque, la ville la nuit était encore une *terra incognita*. En tant que géographe, il me sem-

blait important d'étudier cette temporalité soumise à nombre d'idées reçues. Pour travailler sur la nuit, il fallait déterminer quand celle-ci commençait et quand elle finissait. J'ai donc construit des bases de données sur 24 heures, du lundi au dimanche, puis d'une saison à l'autre. Ce faisant, j'ai engagé une approche chronotopique, croisant l'espace et le temps. J'ai notamment constaté que la nuit était de plus en plus colonisée par les activités du jour et que les conflits se multipliaient entre les individus, les organisations et les quartiers.

Nous observons pourtant quotidiennement que la ville est différente au fil de la journée et des saisons. Pourquoi ce champ d'études s'est-il développé seulement à partir des années 1990 et a-t-il été délaissé par les pouvoirs publics jusque-là ?

Des géographes scandinaves se sont intéressés au temps dès les années 1960, à travers la notion de *time-geography* ou espace-temps. Mais ils observaient les déplacements dans l'espace et le temps à l'échelle d'un individu, et non de la société. Les géographes se sont véritablement saisis de cette question à partir des années 1990 pour deux raisons majeures. D'abord, c'était une période d'accélération de la mondialisation et de la mobilité, entraînant un bouleversement des territorialités et des temporalités qui commençaient à inquiéter les pouvoirs publics. Parallèlement, nous avons eu accès à de nouvelles technologies, comme les systèmes GPS, qui ont permis de capter plus facilement des informations spatio-temporelles. Cette demande sociale et l'accès à des données ont permis de lancer des programmes de recherche en France et en Europe.

Qu'avez-vous observé, à travers cette analyse chronotopique ?

Depuis 50 ans, la ville s'est étalée et a entraîné un éclatement des activités dans l'espace et dans le temps. Nous ne faisons plus les mêmes activités au même moment, dans un même lieu. Il suffit de regarder nos agendas : les temps creux sont grignotés. Nous sommes sollicités en permanence par l'information, à travers la publicité notamment. Certaines villes et quartiers ne dorment jamais. Pourtant, les chronobiologistes nous alertent : sans rythme, il n'y a pas de vie. Cette « ville polychronique » – à plusieurs temps – a créé des désynchronisations et une saturation. Face à cet éclatement : quand est-on ensemble ? Quand fait-on famille ? Quand réunissons-nous les salariés d'une entreprise ? À force de passer leurs journées à essayer de

garder le lien entre le bout de la ville où ils dorment et le lieu où ils travaillent, celui où ils s'amuse^{nt} et celui où ils s'approvisionnent, les gens explosent.

Quelles sont les conséquences de ces désynchronisations et de cette saturation ?

Elles ont de nombreux impacts négatifs. À l'échelle individuelle, elles entraînent fatigue, burn-out et dépressions. Au niveau de la société, elles provoquent des conflits d'usages du territoire, par exemple entre ceux qui souhaitent dormir la nuit et ceux qui veulent rester actifs. D'un point de vue environnemental, l'étalement urbain artificialise les milieux, consomme des ressources, et une ville « qui ne dort jamais » ne laisse pas non plus les autres êtres vivants se ressourcer. Cet étalement creuse aussi les inégalités. Les individus qui ont de l'argent peuvent se payer des services de temps, pour faire les courses, gérer les enfants, se déplacer. Quand vous n'avez pas les moyens, la variable d'ajustement, c'est vous : vous passez d'un endroit à l'autre pour tout concilier, et à un moment... ça craque.

Vous défendez justement l'idée d'un « droit au temps ». Comment les acteurs des territoires (collectivités, urbanistes, architectes...) peuvent-ils y contribuer ?

Il s'agit d'imaginer un urbanisme augmenté, avec une dimension sensible, en y intégrant le temps. La seule approche spatiale fonctionnait lorsque tout le monde sortait du bureau en même temps. Aujourd'hui, les gens ont des horaires atypiques, il faut pouvoir répondre à leur demande. À une autre échelle, si on veut limiter l'étalement urbain, il faut mettre des critères de temps d'accès aux services quand on crée un lotissement, sinon la ville s'étale et la voiture triomphe. Le droit au temps est un droit à la qualité du temps. Le chrono-urbanisme permet de répondre à ces nouveaux enjeux en travaillant à la fois sur l'espace et le temps. Nous avons souvent aménagé l'espace pour gagner du temps. Et si nous aménagions le temps pour gagner de l'espace ? Par exemple, le problème de la saturation à l'entrée des villes est encore souvent adressé par la construction d'une nouvelle voie autoroutière. Mais il serait aussi possible de décaler les horaires de travail pour limiter les embouteillages. Autre exemple : en Europe, environ 16 % de la population salariée travaille aujourd'hui la nuit. Le droit au temps, c'est aussi un droit à la ville, et réciproquement. Alors, est-ce normal que les citoyens de

la nuit n'aient pas de transport ? Pourquoi une population aurait-elle un maire la journée, mais pas la nuit ? Et pourquoi ne pas mettre en place un « service de temps » public, comme des crèches la nuit ? Cela permettrait aux parents célibataires travaillant la nuit d'avoir un système de garde. Bien sûr, il faudrait que cette question soit débattue collectivement, car cela participerait au développement du travail nocturne avec des conséquences négatives sur la santé. Et tout le monde ne veut pas de la ville 24 h/24, ni d'une ville endormie à 20 heures. Pour répondre à ces différents enjeux, il existe aujourd'hui des conseils municipaux de la nuit, une cinquantaine d'adjoints ou de maires de nuit dans le monde, qui s'intéressent aux questions sociales, économiques et environnementales. C'est un vrai progrès : j'avais proposé cela dans un article il y a 30 ans et, à l'époque, cela faisait rire !

Vous défendez l'idée d'une « ville malléable »... De quoi s'agit-il ? En quoi ce concept peut-il transformer notre manière de construire aujourd'hui ?

Les urbanistes et les architectes pensent en général la ville comme quelque chose d'éternel, de définitif. Je préfère l'idée d'une ville, d'un quartier ou d'un bâtiment qui s'adapte aux besoins tout au long de la vie. C'est pourquoi j'ai développé le concept de « ville malléable ». Un basculement s'est opéré dans ce sens depuis la pandémie de Covid-19. On voit se développer ce que l'on appelle désormais un « urbanisme tactique ». Plutôt que de travailler sur de grosses infrastructures, de grands bâtiments, les urbanistes et les villes travaillent de plus en plus sur des infrastructures souples qui permettent d'aller plus vite : l'aménagement d'une place avec des palettes ou des bornes en plastique, des guinguettes installées seulement quelques mois, des terrasses dont les tailles s'adaptent au fil des saisons... Les municipalités ont également mis en place des politiques saisonnières, un « urbanisme événementiel ». En été, les plages se sont déployées partout, que ce soit dans la capitale avec Paris Plages¹, mais aussi dans les villages. Ces initiatives auraient fait sourire il y a 20 ans. Ces aménagements temporaires s'adaptent aux besoins, mais permettent aussi de tester des dispositifs. Par exemple, les berges de la Seine ont commencé à être aménagées sans voiture avec Paris Plages. L'initiative a été un succès, elle a été étendue, puis on est passé à une politique d'interdiction de la circulation des voitures en 2018.

« Il faudrait mettre en place un critère de "haute qualité temporelle" auquel devraient se conformer les architectes et les urbanistes dans leurs projets de réhabilitation ou de construction. »

Dans l'idée d'une ville malléable, je pense aussi à un « urbanisme transitoire ». Plutôt que de laisser un bâtiment à l'abandon, laissons des acteurs prendre possession de friches de manière temporaire, comme le projet Les Grands Voisins. L'ancien hôpital Saint-Vincent-de-Paul dans le 14^e arrondissement de Paris l'illustre bien. Il a permis, pendant quelques années, d'accueillir des demandeurs d'asile, de proposer des formations, des activités culturelles...

Vous parlez aussi de « villes polyvalentes ». De quoi s'agit-il ?

La charte d'Athènes de 1943, qui régit l'urbanisme aujourd'hui, confère à chaque espace une fonction et contribue à l'étalement. Mais si, plutôt que d'implanter chaque fonction nouvelle en périphérie, celle-ci était développée sur place ? La demande pour la relocalisation des activités dans la proximité est là. Le succès du concept de la « ville du quart d'heure² », porté par Carlos Moreno, en témoigne. Et il y a deux façons de le faire. On peut permettre à différentes activités de se succéder au fil de la journée dans un même espace. Par exemple,

en hébergeant des personnes sans domicile dans les bâtiments publics la nuit. La ville peut aussi être pensée comme une salle polyvalente, où cohabiteraient une pluralité d'activités. C'est le cas des tiers-lieux désormais plébiscités par les pouvoirs publics : on peut s'y rendre pour boire un verre, travailler, voir des concerts... La polyvalence contribue à éviter cet étalement de la ville. C'est un gain de temps et d'argent, mais cela permet aussi d'économiser de l'énergie, de réduire la pollution, et de faciliter les interactions et la mixité. Ça tombe bien, car ce qui marche en ville, ce sont les endroits mélangés, hybrides, avec des gens de différentes origines. Regardons autour de nous : les jeunes ne veulent pas aller dans les endroits où il n'y a que des vieux, et les vieux craignent d'aller dans des zones où il n'y a que des jeunes. La question de la mixité n'est pas qu'une question spatiale, c'est aussi une question temporelle. Il faudrait mettre en place un critère de « haute qualité temporelle » auquel devraient se conformer les architectes et les urbanistes dans leurs projets de réhabilitation ou de construction.

Pour prendre en compte cette question du temps en ville, vous avez justement créé et expérimenté un « bureau du temps » à Belfort...

Nous avons lancé cette expérimentation au début des années 2000, en nous inspirant des initiatives menées en Italie dans les années 1980, où des « bureaux du temps » ont été mis en place dans certaines villes. L'objectif était de mieux gérer les horaires et l'offre de services avec l'arrivée des femmes sur le marché du travail. À Belfort, la structure était associative. Plutôt que de réfléchir simplement à l'aménagement de l'espace, nous avons décidé de réfléchir au territoire, à travers une approche chronotopique. Jusqu'alors, nous avions toujours aménagé l'espace pour gagner du temps. L'idée était d'inverser la réflexion : comment peut-on travailler sur le temps pour, par exemple, limiter la consommation d'espace ? Pour construire notre réflexion, nous avons collaboré avec les pouvoirs publics, les services de l'État, avec les industriels du territoire comme PSA, Alstom ou General Electric, mais aussi avec la population, les syndicats, des associations environnementales et d'égalité femmes-hommes...

L'observation était au cœur de la démarche : quel est le parcours d'un écolier ? Que signifie « un site industriel de 15 000 salariés » ? À quelle heure les personnes arrivent-elles sur le site ? À quelle heure en sortent-elles et comment viennent-elles au travail ? Pourquoi les supporters arrivent-ils au stade de foot en voiture ? Grâce aux données récoltées, nous avons pu représenter cette complexité, et nous avons mis en place des tables de négociation entre les acteurs concernés. En parallèle, nous avons mené des actions de sensibilisation et des expérimentations, avec l'organisation d'événements de jour comme de nuit, et la mise en place de bus nocturnes pour les étudiants ou de transports pour le stade de foot et les sites industriels.

Aujourd'hui, comment les villes et les collectivités prennent-elles en compte la question du temps dans l'aménagement de l'espace ?

Certaines collectivités mènent des politiques temporelles. Elles réalisent par exemple des diagnostics de la nuit, sur les questions de la lumière, de la sécurité, des transports ou du droit à la ville la nuit pour les femmes. De plus en plus de villes et de villages développent aussi un « urbanisme événementiel » pour créer un temps commun, se retrouver. Cela va du vide-grenier jusqu'à la Nuit blanche³. Aussi, de nombreuses villes inscrivent désormais leurs poli-

tiques dans une logique de proximité. C'est le cas de Paris qui ouvre certaines écoles le soir pour les associations. Néanmoins, la question du temps n'est, selon moi, pas encore assez prise en compte. Par exemple, pendant la pandémie de Covid, pour faire face à la saturation des transports, les villes auraient pu étendre les horaires de circulation. L'autoroute Toulouse-Castres est aussi une illustration : a-t-on besoin de détruire et de construire autant, pour gagner quelques minutes sur un trajet ? C'est une question d'équilibre et de rythme. J'aime beaucoup cette phrase, d'Edgard Pisani : « *Le court terme hurlant ne doit pas occulter le long terme silencieux.* » Une chose est sûre : la prise en compte du temps dans l'aménagement, l'urbanisme et le design urbain n'est pas une option. C'est une obligation face aux mutations qui affectent nos organisations, nos territoires et nos modes de vie. En termes de développement durable et d'exploration d'un monde post-carbone, chacun s'active sur les leviers de l'énergie et de l'espace, mais en oubliant la clé des temps. Choisir cette clé, c'est aussi dépasser une métaphysique du stable et du fixe. Le géographe n'est plus le savant du *Petit Prince* d'Antoine de Saint-Exupéry qui disait des choses éternelles. Après l'urbanisme de la programmation et du projet, place à l'urbanisme des rythmes et de l'impermanence, pour inscrire nos sociétés dans le vivant et le réversible. •

1. Opération estivale menée par la Mairie de Paris depuis 2002, entre mi-juillet et début septembre. Les berges de Seine, la place de l'Hôtel-de-Ville et divers sites annexes, comme le bassin de la Villette, accueillent des activités culturelles, ludiques et sportives (plages de sable, espaces de baignade, pistes de danse, etc.).

2. La ville du quart d'heure vise à rendre les services essentiels accessibles aux habitants en 15 minutes à pied ou à vélo.

3. Manifestation culturelle nocturne se tenant chaque année, début juin. Les communes participantes proposent généralement un accès gratuit à leurs musées, galeries ou autres espaces culturels, ainsi que des installations artistiques éphémères, des performances, des visites d'ateliers, etc.

textes Morgane Delarc,
Nina Guérineau de Lamérie,
Thibaut Schepman

Glossaire

Accélération

« Plus on économise le temps, plus on a la sensation d'en manquer. » Voici le paradoxe que soulève depuis la fin des années 2000 le philosophe et sociologue allemand Hartmut Rosa, grand penseur de l'accélération perpétuelle qui caractérise les sociétés occidentales¹. Le problème n'est pas la vitesse en elle-même, mais plutôt le fait que la volonté d'aller toujours plus vite transforme notre expérience du monde. L'accélération, jamais assouvie, prend en effet les traits d'une agitation chronique profondément frustrante. D'abord, parce que les progrès technologiques censés nous faire gagner du temps semblent en réalité créer de nouveaux besoins et exigences, nous maintenant dans une course permanente contre la montre. Ensuite, parce que certaines accélérations engendrent des désynchronisations – le rythme rapide de l'innovation technologique ou des marchés financiers contrastant par exemple avec la lenteur relative des processus démocratiques, judiciaires ou écologiques, ce qui peut créer des tensions systémiques et fragiliser nos sociétés. Enfin, parce que l'accélération nous aliène et nous prive de liens indispensables à une vie épanouissante. Face à cette obsession, de nombreux mouvements invitent à ralentir (*slow food*, *slow cities*, *slow science* – lire [page 100](#)), à réintroduire des temps différenciés dans nos vies et nos institutions, et à questionner, voire à renoncer à l'accélération. Dans ses écrits plus récents, Rosa invite à explorer des pistes de « résonance » avec le monde, concept par lequel il désigne les activités et moments dans lesquels nous établissons des relations significatives et transfor-

matrices avec notre environnement. Ces travaux nous invitent ainsi à considérer l'accélération dans tous les aspects du quotidien, au-delà des effets de l'augmentation de la vitesse des transports sur nos modes de vie. Une situation résumée par le chrono-urbaniste Emmanuel Munch par une simple équation : cette accélération est « l'intensification du volume ou de la quantité (Q) d'activités réalisées au cours d'une certaine durée (T). L'accélération sociale, c'est une dynamique historique où le rapport Q/T ne cesse de s'accroître³. » Cet état de fait et les solutions envisagées font l'objet d'études par des spécialistes en sciences sociales, comme la géographe Mathilde Plard, chercheuse au CNRS, qui travaille sur la résonance permise par les activités en nature (EcoTrail de Paris Île-de-France, course à pied, etc.). Autant de recherches qui invitent à repenser notre rapport au temps. •

1. Hartmut Rosa, *Accélération. Une critique sociale du temps*, La Découverte, 2010.
2. Depuis 2008, ce trail se déroule le temps d'un week-end en Île-de-France, sur plusieurs communes de l'Ouest parisien.
3. Emmanuel Munch, « Accélération. Rythmes et modes de vie », Laboratoire Ville Mobilité Transport, 2024, vmt.fr/les-mots-du-lvmt/acceleration.

Vitesse généralisée

Qu'est-ce qui nous fait aller le plus vite, la voiture ou le vélo ? La voiture, bien sûr, si l'on conçoit la vitesse selon l'équation : distance parcourue divisée par le temps de trajet. Mais comptez le nombre d'heures de travail qu'il faut pour l'acquérir et pour payer son carburant ou son assurance, et vous verrez qu'au final « la voiture nous ralentit », lançait en 1973 le philosophe et critique des sociétés industrielles Ivan Illich dans *Énergie et Équité* (Seuil). Voilà comment est né le concept de « vitesse généralisée », qui cherche à bouleverser notre vision – et notre adoration – de la vitesse en considérant non seulement le temps passé dans le déplacement lui-même, mais également le temps nécessaire pour financer ce déplacement. Ce raisonnement, tout à fait contre-intuitif, voire provocateur à l'époque de la voiture reine, est mis en équation par l'ingénieur et philosophe des sciences Jean-Pierre Dupuy. En 1975, celui-ci a calculé que la « vitesse généralisée » de l'automobile était de 4 à 14 km/h – inférieure donc à celle de la bicyclette – et décrivait la voiture comme un « *monstre chronophage* ». Si le paradoxe soulevé est saisissant – on « dépense » plus de temps en cherchant à aller plus vite –, le concept a bien sûr été critiqué. Lorsque votre lieu de travail est inaccessible à vélo, par exemple, la « vitesse généralisée » vous fait une belle jambe et reste un calcul de coin de table bien peu opérant dans votre quotidien. Mais l'idée a permis de poser une question essentielle : est-il toujours

utile d'aller plus vite ou de gagner du temps ? L'économiste Frédéric Héran a repris les calculs de Dupuy et Illich en 2010, et a démontré qu'à la faveur notamment de l'augmentation des salaires horaires, la vitesse généralisée de l'automobile est désormais supérieure à celle du vélo. De quoi reléguer au second plan les raisonnements d'Illich ? Non, mais ils méritent d'être précisés. Héran propose donc un nouveau concept, celui de « vitesse optimale », qui vise à intégrer les externalités négatives de la voiture (bruit, pollution, bouchons, accidents) qui sont bien sûr problématiques en soi mais qui, en plus, augmentent quand on roule vite et/ou en milieu dense. L'avenir serait alors du côté d'une certaine sobriété ou d'une diminution des déplacements subis au profit de déplacements choisis et limités. Un nouveau rapport à la mobilité et à la vitesse que le sociologue Julien Damon introduit avec le concept de « *démobilité* ». Les études menées autour de notre rapport à la mobilité et à la vitesse – comme celle de l'ingénieur Laurent Castaignède portant sur la notion « d'hypermobilité »¹ – invitent à repenser nos modes de vie et l'aménagement du territoire qui doit servir cette nouvelle relation aux déplacements et à la proximité. •

1. Laurent Castaignède, *La bougeotte, nouveau mal du siècle ? Transports et liberté*, Éditions Ecosociété, 2021.

Cycle de vie

De la graine à l'arbre, de l'œuf à la poule, du berceau à la tombe... en biologie, le cycle de vie d'un organisme comprend la naissance, la croissance, la reproduction et la mort. Ce concept a pris une dimension nouvelle en étant adapté aux produits manufacturés. Dans cette acception, il englobe l'extraction des matières premières, la fabrication, l'utilisation et la fin de vie (élimination, recyclage ou réutilisation) d'un bien. Ce concept vise à mettre en lumière le caractère cyclique plutôt que linéaire de nombreux processus de production et est devenu central pour penser la durabilité des productions. C'est notamment le cas grâce à la méthodologie d'analyse du cycle de vie (ACV), née dans les années 1970, qui tente d'évaluer l'impact environnemental complet d'un produit, au-delà de sa simple phase de fabrication. Ainsi, l'étude du cycle de vie d'un jean montre qu'il « consomme » des milliers de litres d'eau tout au long de son existence, pour ses lavages répétés mais aussi pour la culture du coton et pour sa fabrication. Cette approche permet de questionner les méthodes de production, mais surtout de transformer notre perception du temps et de la consommation. Là où nous ne voyons qu'un instant – l'utilisation – s'étale désormais une temporalité étendue à l'avant et à l'après. En rappelant que nos actes de consommation ont des conséquences bien au-delà de l'instant présent, l'ACV nous invite donc à faire des choix optimisés en

termes d'écoconception, bien sûr, mais aussi à adopter une éthique du temps long, à contre-courant de l'accélération généralisée promue dans les sociétés occidentales. L'ACV est aujourd'hui normalisée et contrôlée (normes ISO 14040 et 14044). Elle tend à s'imposer dans la réglementation (l'affichage environnemental est l'héritier de cette approche) et constitue même un des piliers de la dernière réglementation environnementale (RE2020) dans la construction. Son succès demande des efforts de mesure et de transparence de la part des producteurs, qui doivent fournir des données nombreuses et fiables. Ce changement de perspective a aussi été incarné par le livre à succès du designer William McDonough *Cradle to Cradle. Créer et recycler à l'infini* (Alternatives, 2011, coécrit avec Michael Braungart), dont le titre détournait la formule traditionnelle « du berceau à la tombe » (*cradle to grave*) pour suggérer des productions qui vont « du berceau au berceau » (*cradle to cradle*). La solution ? Que chaque objet soit conçu non seulement pour son utilisation première, mais aussi pour son éventuelle réutilisation, recyclage ou surcyclage... Cela crée des produits conçus à partir de matières déjà utilisées une première fois et qui, en fin de vie, deviennent des ressources pour de nouveaux cycles. Par exemple, le processus du *remanufacturing* (ou refabrication), moins connu, consiste à réutiliser des matériaux, des composants, des pièces détachées ou encore des systèmes en les réintégrant dans des produits neufs, qui auront un niveau de performance équivalent. Une pratique qui réduit les émissions de CO₂, la consommation de matières premières, la pollution et les déchets. •

Chronotopie

L'aménagement urbain est souvent pensé uniquement en termes d'espace. Pour plusieurs penseurs et penseuses de la ville et de l'urbanité, il est nécessaire d'y intégrer une réflexion sur le temps afin de résoudre certains problèmes *a priori* spatiaux comme l'étalement ou la spécialisation fonctionnelle souvent excessive. C'est ce que promeut la notion de « chronotopie » (*lire page 14*), qui analyse la manière dont les espaces urbains sont occupés, perçus et utilisés à différents moments du jour, de la semaine ou de l'année. La ville pensée grâce à la chronotopie serait optimisée et polyvalente, mais aussi dynamique, durable et en posture de favoriser les liens sociaux entre ses habitants et habitantes. Concrètement, cela se traduit par des espaces et lieux conçus de façon à accueillir différents usages selon les moments de la journée, de la semaine ou de l'année. Une école, par exemple, peut se transformer en un centre culturel ou sportif en soirée et le week-end, un parc peut être adapté en cinéma en plein air l'été, une place de marché peut accueillir successivement diverses activités au fil de la journée. Aussi, certains lieux emblématiques des villes occupés de façon intermittente peuvent être totalement repensés pendant leurs temps morts : des tiers-lieux sur des friches urbaines en attente de projets urbanistiques, des colocations temporaires dans les immeubles ou les locaux inoccupés, des terrasses éphémères remplaçant des places de parking l'été... Le léger, le démontable et l'éphémère – vive le mobilier en carton ou en palette ! – regagnent leurs lettres de noblesse et sont

mis au service de villes plus inclusives, adaptatives et durables. Dans un premier texte publié dans *Le Quotidien urbain. Essai sur les temps des villes* (La Découverte, 2001), Thierry Paquot propose d'appliquer la chronotopie à l'architecture, à l'urbanisme et au paysagisme. Réfléchir à la temporalité des espaces permet de revenir à l'essentiel : les usages doivent être pensés dans leur complexité. Ils sont évolutifs et différents en fonction d'une situation, des horaires, des jours, des saisons... L'observation et l'analyse de la vie d'un lieu 24 h/24 renseignent alors les opérationnels sur la manière d'aménager, de ménager les gens et le vivant (Paquot, 2021) comme de gérer ces espaces et leur occupation sur le temps long. •

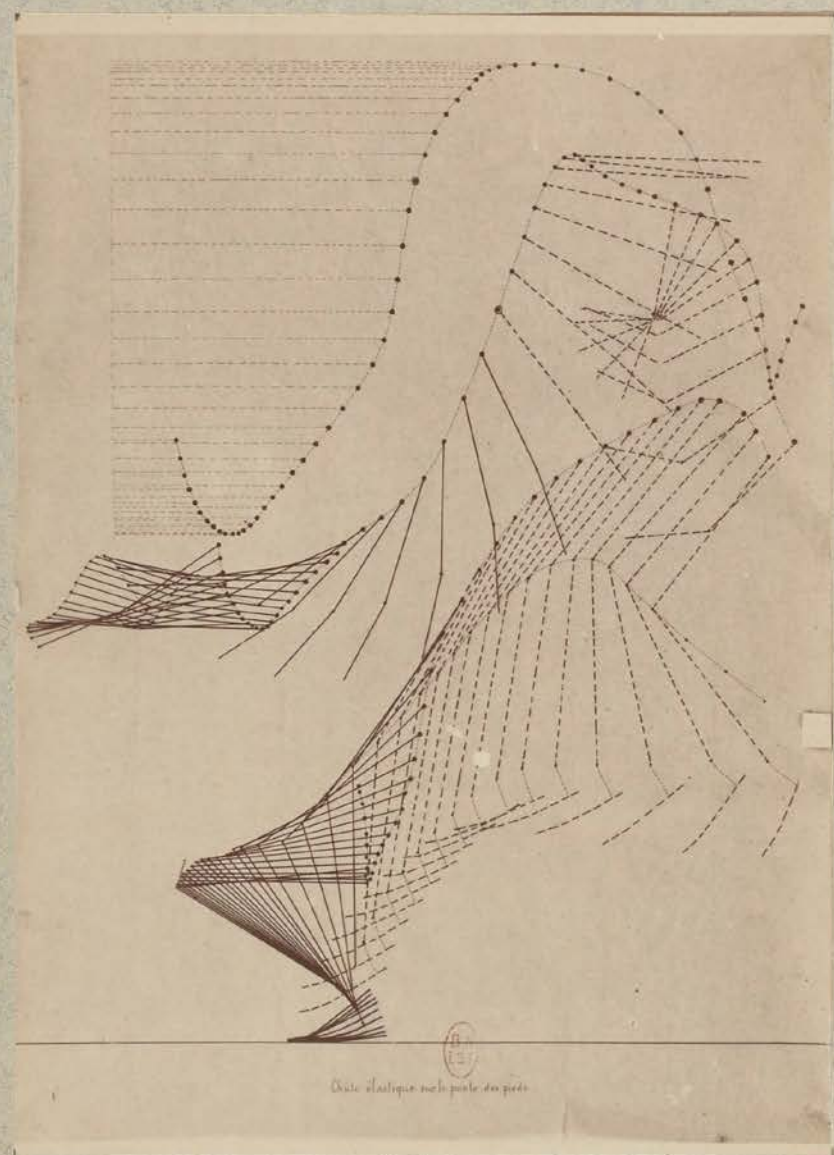
Flèche du temps

C'est un débat qui anime physiciens et philosophes du monde entier depuis « *un petit siècle et demi* », d'après le physicien Étienne Klein. Qu'est réellement la flèche du temps ? Pour le quidam, la réponse est vite trouvée : elle représente le sens dans lequel s'écoule le quotidien, sans aucune possibilité de retour vers le passé. C'est la chaise renversée qui ne se redresse pas toute seule, le verre brisé dont les morceaux ne se recolleront pas naturellement entre eux. En bref, la flèche du temps signe l'irréversibilité d'événements vécus. La chaise ou le verre « *ne retrouveront jamais dans le futur les états qu'ils ont connus dans le passé : leur demain – l'état qu'ils auront demain – ne ressemblera pas à leur hier – à l'état qu'ils avaient hier* », explique Étienne Klein. Introduite par l'astrophysicien britannique Arthur Eddington en 1928, l'expression intrigue encore aujourd'hui beaucoup de chercheurs. En effet, si dans notre réalité le temps semble s'inscrire dans un mouvement unidirectionnel, ce phénomène d'irréversibilité est tout autre lorsqu'il est étudié selon les lois de la physique, notamment celles qui régissent la mécanique quantique. Dans ces mondes microscopiques, les équations fondamentales fonctionnent aussi bien quand le temps avance ou recule. Ce qui paraît inimaginable dans la vie quotidienne. Selon une étude publiée début 2025¹ menée par le chercheur en physique et biologie mathématique Andrea Rocco, l'une des raisons à ce paradoxe réside dans le fait que « *la perception du temps comme une flèche irréversible pourrait être liée à notre manière d'interagir avec notre envi-*

ronnement, et non à des lois physiques intrinsèques ». Pour lui et ses collègues, c'est le processus d'interaction avec l'univers qui impose une direction apparente, un devenir. Le physicien Carlo Rovelli, du Centre de physique théorique de Marseille, pose à peu près le même regard. D'après l'auteur de l'ouvrage *L'Ordre du temps* (Flammarion, 2018), au-delà de l'influence de l'univers, « *la direction du temps vient du fait que nous regardons les grandes choses et que nous ne regardons pas les détails* », estimait-il en 2022 auprès de la BBC². Si dans le monde scientifique le débat est loin d'être fini, une certitude peut néanmoins être établie à l'échelle de nos sociétés : pour ce qui est des conséquences environnementales, il ne sera pas possible de revenir en arrière dans de nombreux cas, du changement climatique aux « polluants éternels » comme les PFAS³. •

1. Andrea Rocco *et al.*, « Emergence of opposing arrows of time in open quantum systems », *Scientific Reports* n°15, janvier 2025.
2. Martha Henriques, « Pourquoi le temps avance-t-il et ne recule-t-il pas ? », *BBC Future*, 23 octobre 2022.
3. Substances per- et polyfluoroalkylées résistantes utilisées pour leurs propriétés anti-adhésives et imperméables, notamment dans les emballages alimentaires et les ustensiles de cuisine. On les appelle « polluants éternels » en raison de leur très faible dégradabilité dans l'environnement et de leur tendance à s'accumuler dans l'organisme, suscitant de vives inquiétudes écologiques et sanitaires.

POST NUNC ANTE



D 1976-05119

*Chute d'un lieu élevé. Amortissement
Du choc par la flexion des jambes.*

← *Locomotion humaine*, Étienne-Jules Marey, 1886 © Bibliothèque nationale de France

TEMPS ET MOBILITÉS

La parole à Arnaud Passalacqua, historien et ingénieur, spécialiste des questions d'urbanisme et de transport

La victoire en trompe-l'œil du temps sur l'espace. Et si l'express avait un train de retard ?

Du chemin de fer à l'avion, les systèmes de mobilité motorisés ont profondément transformé notre rapport au temps, tant dans notre perception et nos pratiques de l'espace que dans nos cadres et rythmes sociaux. Notre recherche permanente de vitesse et d'accélération s'effectue au prix de tensions écologiques et sociales croissantes. Peut-on espérer trouver un nouvel équilibre, alors même que nos sociétés semblent dominées par la culture de l'express ?

Ingénieur et historien, spécialiste des questions de mobilité à partir d'une approche de temps long, **Arnaud Passalacqua** est professeur en aménagement de l'espace et urbanisme à l'université Paris-Est Créteil, chercheur au Lab'Urba et chercheur associé au Laboratoire interdisciplinaire des énergies de demain (LIED).



↑ Autoroute A5 entre Paris et Troyes, longeant la ligne à grande vitesse Sud-Est © gasdub

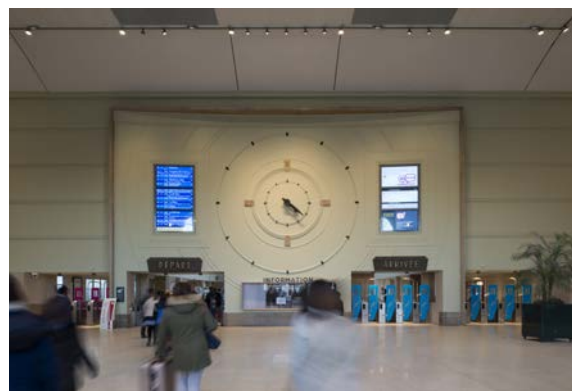
Notre société mobile a pris l'habitude de rapprocher l'espace et le temps en se focalisant sur la vitesse, c'est-à-dire le rapport de l'un par l'autre. Il y a pourtant d'autres façons de faire jouer ces deux notions dans l'économie des mobilités. On peut notamment considérer que la notion de temps a succédé à celle d'espace comme mesure des distances à parcourir pour relier deux lieux. Plusieurs dynamiques ont poussé en ce sens, en particulier la recherche de vitesse fondée sur l'évolution de dispositifs techniques multiples à partir du XVIII^e siècle, avant même le chemin de fer. L'essor massif des réseaux – qui ont depuis lors porté ces flux accélérés et massifiés – s'est joué au détriment de limites écologiques de plus en plus manifestes, et au risque de tensions sociales, quand la vitesse produit de la dissociation plus que de la « reliance¹ », c'est-à-dire de la capacité à mettre en relation. En plaçant l'espace dans l'ombre du temps, nos sociétés industrielles ont ainsi cru pouvoir oublier les limites de la condition humaine imposées par celles de la nature, au profit d'une « condition mobile² ». Ce sont bien ces limites qui reviennent pourtant – sous de multiples formes – dans l'horizon social et écologique d'aujourd'hui. Trouver un cheminement pour en sortir passe nécessairement par une interrogation sur les énergies et les systèmes actuellement utilisés pour se déplacer. Il est aussi indispensable d'interroger les liens entre temps et espace qui ont façonné ce monde de la mobilité tous azimuts pratiquée par certains groupes sociaux, aux dépens d'autres humains et non-humains. Cette interrogation paraît d'autant plus légitime que l'horizon de certaines solutions envisagées demeure focalisé sur la vitesse. En témoigne le grand retour du terme « express », du Grand Paris Express (GPE) aux

services express régionaux métropolitains (SERM), eux-mêmes inspirés du réseau express régional (RER). Ne s'agit-il pas là du stigmate d'une société qui refuse de réviser son rapport à l'accélération et à la métropolisation, au sens où ces projets accompagnent une concentration des flux vers et depuis des pôles qui les structurent ?

De l'espace au temps : l'accélération comme changement de métrique

L'histoire de l'accélération des mobilités depuis les débuts de l'industrialisation est maintenant bien connue³. Les travaux les plus récents à ce sujet ont montré que le processus démarre avant même l'essor du chemin de fer, dès le XVIII^e siècle⁴. Dans certaines franges des sociétés occidentales, la question du temps s'affirme comme centrale, par exemple pour l'envoi de colis ou le déplacement de personnes. Il n'est plus une simple durée, mais devient l'objet d'une mesure, ce qui ouvre la voie à l'idée de retard, qui génère elle-même de multiples dispositifs visant la ponctualité. L'amélioration du revêtement des routes, les horloges portatives à bord des attelages et l'élaboration d'horaires façonnent ce nouvel espace de la vitesse. Le chemin de fer émerge donc dans un contexte qui lui est favorable et dont il catalyse les grandes dynamiques. Il contribue à ouvrir un temps largement perçu jusque-là comme cyclique : celui de la répétition des alternances entre jour et nuit, du rythme des saisons et des fêtes religieuses. En offrant rapidement des capacités inédites de déplacement aseptisé, désormais possibles l'hiver et la nuit, par temps de neige ou de fortes chaleurs, le train rompt cet ancrage du voyage dans ses déterminants environnementaux

directs. Il impose de régler les horloges sur celle de la gare, c'est-à-dire, en France, l'heure de Paris (1891) puis celle de Greenwich⁶ (1911), et non plus celle de midi au soleil marqué par l'horloge de la mairie. C'est aussi un autre temps dont le chemin de fer est porteur, celui du capitalisme. L'ampleur des investissements qu'il suppose et les organisations inédites – que sont les grandes compagnies – qui le rendent possible ancrent ce macro-système technique dans la logique de l'emprunt et de la rentabilité en vue de son remboursement. C'est-à-dire dans une flèche du temps orienté, celle de la croissance. Sans discuter ici des effets économiques du train, constatons seulement que son essor se fonde sur un pari sur l'avenir qui justifie d'ailleurs l'adossement⁶ de ces projets privés par les pouvoirs publics. Les rythmes propres de ce temps sont tout autres que ceux du déplacement : ils se comptent en années, voire en décennies, pour les infrastructures, et non en minutes ou en heures, temps propres des voyages. Ce n'est donc pas uniquement par l'accélération des corps et des biens que le chemin de fer participe à



↑ Pôle d'échanges multimodal de Versailles-Chantiers - Le hall, décembre 2016 © SNCF Gares & Connexions – AREP / Mathieu Lee Vigneau



↑ Route, autoroute et TGV à Orange © Jean-Louis Zimmermann

une transformation radicale du rapport au temps, mais aussi par la structuration socio-économique qu'il suppose, puisque les rythmes sociaux se sont également accélérés au fil de l'essor de la vitesse – d'abord ferroviaire puis portée par d'autres modes, en particulier avec l'entrée dans la modernité du XX^e siècle. L'automobile et, dans une moindre mesure, l'avion prennent ici le relais du train comme moteurs de ces dynamiques d'accélération spatiales et sociales⁷. Impossible de résumer ici les profondes transformations qui se sont jouées dès lors. Retenons surtout la facilité grandissante d'accès à une vitesse immédiatement disponible pour un grand nombre de personnes dans les sociétés occidentales, grâce à l'automobile. Mais aussi le phénomène de métropolisation, engagé par le XIX^e siècle ferroviaire et accéléré par deux produits de l'industrie automobile : l'automobile populaire, qui a permis un mode de vie urbain au plus grand nombre, et le tracteur, qui a conduit à une réduction drastique des besoins en main-d'œuvre à la campagne. À d'autres échelles, la pratique d'un tourisme massifié à longue distance est aussi l'un des marqueurs puissants de cette société accélérée.

Peu à peu, la mobilité est devenue la variable d'ajustement de modes de vie intensifiés (multiplication d'expériences, raccourcissements des temps propres à chaque expérience...). Là où le train imposait ses horaires (*lire page 36*), l'automobile participe d'une fluidité qui paraît extraordinaire mais présente de nombreux revers. L'immédiateté n'est ainsi souvent qu'une douce illusion face à des cadres qui s'avèrent plus statiques que ce que nous voulons bien voir.

Vertige de la vitesse : l'illusion de l'accélération

En effet, la démultiplication des signes de vitesse dans nos paysages (des panneaux de signalisation routière, publicités...) masque une multiplicité de phénomènes où dominent la lenteur, la répétition circulaire et des rigidités agissantes. Aux côtés de la profusion de discours et d'images mettant en scène le mouvement, ces inerties s'avèrent aussi décisives dans le fonctionnement social. Explorons ici deux exemples de ces mécanismes. Le premier est bien connu des milieux académiques mais l'est beaucoup moins du grand public, malgré le fait qu'il ait été identifié dès les années 1970 : la constance des budgets-temps. Toute amélioration des temps de déplacement se traduit non pas en baisse de la durée moyenne passée à se déplacer, mais par une augmentation des distances parcourues. Le gain de temps se traduit donc en consommation d'espace. Si individuellement, on peut vivre une réduction de



↑ Gare de Paris-Montparnasse, horloge monumentale dans l'espace d'attente du hall Pasteur, août 2014 © SNCF Gares & Connexions – AREP / Mathieu Lee Vigneau

son temps de déplacement, la réorganisation spatiale des activités et du logement tenant compte de la nouvelle offre de transport produit un nouvel équilibre dans lequel d'autres individus font des trajets plus longs. Cet effet rebond reste largement en dehors du spectre des projets de nouvelles offres portées par les politiques publiques. Ce constat peut même être rapproché du fait que l'accélération des mouvements ainsi permise produit un cadre dans lequel chaque individu ressent un manque de temps, le rythme du corps ayant du mal à suivre le rythme social⁸. Le numérique a produit le même type d'effets.

Un deuxième exemple des jeux d'illusion dans lesquels nos sociétés sont prises est fourni par les horizons temporels associés au monde des transports. La vitesse étant mesurable, elle ouvre la voie à une vision quantitative des performances des systèmes de transport dont l'histoire serait jalonnée par autant de records battus, réputés être la promesse de nouvelles accélérations. En ce sens, elle oriente le temps, celui des projets et de l'innovation. Or, si l'on observe l'histoire des systèmes de transport sur le temps long, on s'aperçoit qu'elle est dominée par des phénomènes cycliques plus que par des percées décisives, et par des réinventions plus que par des innovations de rupture. Les cycles suivent un « cercle du réenchantement⁹ » qui voit chaque projet inauguré décevoir les espoirs qui ont été placés en lui, par exemple par la faiblesse du report modal¹⁰ constaté, même si une induction de trafic¹¹ se produit et que la nouvelle offre trouve un public. Combinée au vieillissement de l'infrastructure et au fait que les politiques se posent comme devant porter des projets, cette

déception suscite un report d'envie vers un nouveau projet, dès lors paré de toutes les vertus pour un avenir souvent bien lointain, vu la temporalité longue propre au secteur. Le nouveau projet promet de résoudre les difficultés du moment, par un rapport au temps fluidifié ou accéléré.

Agissant comme un carburant immatériel des mobilités, ces illusions ne seraient pas si problématiques si elles n'impliquaient pas un fort coût écologique et social¹². Elles pourraient n'être qu'une forme collective de la rêverie individuelle propre au voyage. Mais ce coût est redoutable et ne peut plus être aujourd'hui accepté. La vitesse est le lieu de la consommation énergétique – l'énergie nécessaire au mouvement progresse comme le carré de la vitesse –, et les systèmes rapides, comme l'avion et le TGV, ont longtemps été caractérisés par une clientèle plus aisée et plus diplômée, bénéficiant ainsi de l'argent public placé dans ces systèmes (réseau ferroviaire) ou de leur moindre taxation (compagnies aériennes).

Penser à une nouvelle condition mobile ne peut donc se résumer à la substitution d'une énergie par une autre ou d'un mode par un autre, mais doit passer *a minima* par une révision de notre rapport au temps, appuyée par une remise à plat de nos imaginaires, c'est-à-dire du sens que nous conférons au mouvement, au vu des contraintes physiques, économiques et écologiques qu'impose la vitesse.

Équilibre à bas régime et nouvelles temporalités

Dans cette optique, l'idée d'un équilibre de bas régime entre les sociétés humaines et leur environnement s'impose, au sens où il s'agirait d'un métabolisme pensé en minimisant les flux nécessaires à partir d'un niveau de besoin individuel jugé acceptable. Cet horizon se dessine si l'on prend au sérieux le fait que les fuites en avant technologiques s'avèrent des impasses propices aux effets rebond, et si l'on souhaite préserver au mieux le lien social et l'équité socio-territoriale, en révisant les modes de vie pour les accorder à ce que la nature rend possible. Dans le domaine des transports, cette ligne conduit à redéfinir la place du temps telle qu'elle s'est construite selon le récit dressé ici. Cette option suppose évidemment d'autres révolutions dans nos systèmes, en particulier la construction d'un régime de basse technicité, dont le pari peut être fait qu'il est cohérent avec ce nouveau régime de temporalité, le long d'une forme de désescalade, en particulier énergétique.

Sans les hiérarchiser, plusieurs dimensions sont ici à considérer. La société mobile à moindre impact doit être clairvoyante sur ce que sont ses vitesses. Non pas

celles qu'elle croit pratiquer ou qu'elle inscrit sur ses panneaux routiers, mais bien celle que ses systèmes pratiquent concrètement. Rendre plus lucide la société sur les différentes vitesses qui entrent en jeu pour traiter des déplacements est ainsi une étape indispensable : vitesse maximale, vitesse moyenne et vitesse généralisée (*lire page 23*) sont autant de concepts à mobiliser pour relativiser ce primat que nous avons conféré à la vitesse et rendre possible une discussion publique à son sujet, aujourd'hui si difficile. Il convient aussi de réfléchir à la résonance entre les ressources énergétiques qui alimentent ce système de bas régime et le fonctionnement des mobilités. Si elles ne sont fondées que sur le renouvelable, comme cela pouvait être le cas dans la période pré-industrielle, le rythme des mobilités devra s'accorder à celui de ces ressources et aux capacités de stockage. Elles sont nécessairement réduites si l'on souhaite limiter l'impact environnemental de ces réservoirs énergétiques, sans parler de batteries, qui seraient peu souhaitables dans un tel univers. Comment penser une exploitation ferroviaire dont l'un des déterminants serait la disponibilité énergétique ? Que signifie accorder le rythme d'un réseau de transport avec celui des énergies renouvelables ? Leur foisonnement¹³ est un atout avéré, mais il est probable que la puissance disponible se révèle par moments trop faible pour assurer la circulation de l'ensemble des trains inscrits au plan de transport dans les conditions de vitesse prévues. Il devrait donc intégrer cette dimension de variabilité, ce qui ne signifie pas qu'elle ne soit pas prévisible. Les pratiques devraient s'y adapter elles aussi par conséquent.

Sur une autre échelle, ce nouveau rapport au temps suppose-t-il le retour de périodes de retrait au-delà de celles déjà existantes pour la maintenance et l'entretien, de suspensions d'activités mobiles du fait de conditions particulières, notamment la nuit ou l'hiver ? De même que l'éclairage nocturne est devenu un sujet pour la biodiversité, les réseaux ne doivent-ils pas également suspendre leur exploitation la nuit ? Ou l'hiver, lorsque leur ouverture ne peut se faire qu'à des coûts élevés ? Les effets des conditions environnementales se font déjà très fortement sentir sur les réseaux de transport du fait du changement climatique. N'est-il pas temps d'assumer un nouveau rapport à l'environnement, plus modeste, qui supposerait de ne pas toujours exploiter les réseaux ? Autant de questions qui remettent la politique au cœur de la question des mobilités, puisqu'elles supposent que des priorités soient définies, dans un cadre où tout n'est pas possible, ce qui est déjà le cas mais n'est pas explicitement assumé. Cela suppose également une évolution de ce qu'est le rôle des poli-



↑ Ancienne gare de Fenain, voie verte de la plaine de la Scarpe © Havang(nl)

tiques. Si leur rôle est de projeter nos sociétés vers l'avenir, comment tenir compte du fait que, dans le domaine des transports, ce futur ne correspond que rarement à un présent qui sera vécu un jour ? Comment penser nos politiques comme devant traiter du présent et non du futur, des techniques en usage¹⁴ et pas de celles fantasmées ? Nécessairement ralentie, une telle société vivrait sur son temps propre, autre que le nôtre. Elle connaîtrait le retour de l'espace comme métrique principale de ses activités, c'est-à-dire ce qui pèse par les distances, les dénivelés, l'état des voies, etc. Nombre des constituants de la société contemporaine seraient à revoir, au premier rang desquels la métropolisation. Cette société ne serait pourtant pas une société atomisée sans relations entre ses membres. Mais ces relations se déploieraient sur un autre temps, d'autant plus aisément qu'il ne s'agit pas d'un retour passéiste, qui négligerait ce que la société contemporaine présente de pertinent. Ainsi la capacité qu'offre le numérique de communiquer à distance pourrait être utilement conservée, tout en l'inscrivant dans une forme de stabilité qui ne soit pas celle de la croissance infinie des capacités et des flux qui la caractérise aujourd'hui, c'est-à-dire avec des formes de rationnement. Ce régime suppose enfin de travailler avec des temporalités longues, en particulier celles de la maintenance, celles de l'immobilité de l'infrastructure et de son inscription dans les rythmes propres des espèces animales ou végétales qui l'environnent.

Le temps de l'express est-il dépassé ?

Un tel horizon paraît assez éloigné des lignes que peuvent suivre nombre de projets de transport actuels. Sans parler de ceux qui laissent croire qu'une simple substitution énergétique suffirait à maintenir en place des systèmes dont les travers dépassent largement la question climatique, on peut interroger ceux qui aujourd'hui sont positionnés comme des alternatives à l'automobile en partant de la notion d'express. Pour ce faire, rappelons que ce terme vient du monde ferroviaire. Le Littré parle d'un « *terme de chemin de fer* » qui qualifie un « *train qui marche beaucoup plus vite que le train ordinaire, et qui ne s'arrête qu'à un petit nombre de stations* ». Depuis lors, il a essaimé dans le monde postal (le colis express), routier (la voie express), mais aussi dans la vie quotidienne (un dîner express). Dans l'univers ferroviaire, son usage est passé du train le plus prestigieux, l'Orient-Express, aux trains du quotidien, RER et TER, cachés derrière ces acronymes. Il est frappant de voir son grand retour actuel, sous la forme du GPE, des SERM et même des cars qui ne peuvent être qu'express s'ils veulent capter un peu de modernité. Sans oublier les réseaux express vélo, qui bénéficient de l'acronyme le plus réussi (REV). En se positionnant encore sur la vitesse, et ce de façon toujours plus explicite, ces projets sont-ils à même d'atteindre les objectifs que l'on peut attendre de leur déploiement en termes de réduction de l'impact environnemental des mobilités ? Ne traduisent-ils pas le fait que le travail sur le rapport au temps de nos sociétés est loin d'être engagé, alors qu'il peut paraître une étape initiale dans la refonte des rythmes sociaux, des formes urbaines et donc de nos mobilités ? Une autre voie est-elle possible ? Travailler sur le rapport au temps renvoie aux fondements de notre économie, celle de la croissance. Mais aussi aux rapports sociaux, aux outils qui portent notre rapport aux autres et à notre milieu. On le voit, réfléchir à d'autres formes de mobilité présuppose donc d'abord de se décentrer des systèmes de transport pour aborder des questions fondamentales qui dépassent de loin le cadre de notre propos. •

1. Georges Amar, *Homo mobilis. Le nouvel âge de la mobilité*, FYP Éditions, 2010.

2. Anne Jarrigeon, Nathalie Roseau, *Condition mobile. Ressorts de l'imaginaire*, Infolio, 2024.

3. Christophe Studeny, *L'Invention de la vitesse. France, XVIII^e-XX^e siècle*, Gallimard, 1995 ; Jean Ollivro, *L'Homme à toutes vitesses. De la lenteur homogène à la rapidité différenciée*, Presses universitaires de Rennes, 2000.

4. Catherine Herr-Laporte, « Être à l'heure : une histoire de la coordination temporelle dans les transports terrestres au cours d'un long XVIII^e siècle », thèse de doctorat d'histoire, université Paris-Cité et université de Neuchâtel, 2022.

5. Le méridien de Greenwich est alors retenu comme référence universelle de longitude, donc du temps.

6. Le système des concessions accordé aux compagnies ferroviaires leur a permis de déployer des réseaux en n'assumant qu'une partie de leurs coûts, en contrepartie d'un contrôle étatique sur les caractéristiques de l'offre de transport.

7. Hartmut Rosa, *Accélération. Une critique sociale du temps*, La Découverte, 2010.

8. *Idem*.

9. Arnaud Passalacqua, « Temps court et temps long en histoire des mobilités. De la flèche du progrès au cercle du réenchantement », *Artefact*, n° 21, 2024.

10. Le report modal décrit le changement de mode de déplacement pour effectuer un même trajet. Il vise le plus souvent le report depuis l'automobile vers des modes alternatifs, pour des raisons écologiques.

11. L'induction de trafic décrit le fait qu'une nouvelle offre de transport ne produit pas uniquement un report de trajets antérieurement réalisés différemment, mais génère aussi de nouveaux déplacements.

12. Louis Baldasseroni, Étienne Faugier, Claire Pelgrims (dir.), *Histoire des transports et des mobilités en France, XIX^e-XXI^e siècle*, Armand Colin, 2022, chapitres 4 et 5.

13. Capacité à mutualiser les sources pour compenser la variabilité de chacune.

14. David Edgerton, *The Shock of the Old: Technology and Global History Since 1900*, Profils Books, 2006.



Histoire des transports et des mobilités en France, XIX^e-XXI^e siècle, Louis Baldasseroni, Étienne Faugier, Claire Pelgrims (dir.), Armand Colin, 2022, 240 pages



Accélération. Une critique sociale du temps, Hartmut Rosa, La Découverte, 2010, 480 pages



Condition mobile. Ressorts de l'imaginaire, Anne Jarrigeon, Nathalie Roseau, Infolio, 2024, 184 pages

TEMPS QUI RESTE

Trois questions à
Jenny
Raflik-Grenouilleau

« *Minuit est l’heure de la fin du monde.
Plus on s’en rapproche, plus le danger
est grand* »

propos recueillis par Gaëlle Bon-Simonetti

Professeure d’histoire contemporaine à l’université de Nantes, Jenny Raflik-Grenouilleau est aussi chercheuse au CRHIA (Centre de recherches en histoire internationale et atlantique), spécialiste des questions de sécurité et de défense.

Qu’est-ce que l’horloge de la fin du monde ?

L’horloge de la fin du monde a été créée en 1947, au début de la guerre froide. Elle est régulièrement « remise à l’heure » par les directeurs du *Bulletin des scientifiques atomistes*, depuis l’université de Chicago. Ses initiateurs étaient des membres du projet Manhattan¹. Au départ, ces scientifiques voulaient surtout attirer l’attention sur la prolifération des armes nucléaires et mettre en garde population et dirigeants contre le risque d’une guerre atomique et ses conséquences. Avec le temps les ont rejoints d’autres scientifiques, puis des Prix Nobel de la paix, comme Andreï Dmitrievitch Sakharov². Aujourd’hui, plus de 18 Prix Nobel (paix et sciences) participent aux travaux. Si leur combat premier était le nucléaire, au fil des années, et surtout depuis la fin de la guerre froide, il s’est élargi à d’autres sujets, et notamment à la lutte contre le changement climatique et à la sensibilisation aux questions environnementales.

Je parle de combat, car il faut bien comprendre qu’il ne s’agit pas d’une publication de nature scientifique, mais bien d’un outil de sensibilisation à destination du grand public comme des décideurs. D’où l’utilisation de ce symbole à la fois simple et fort de l’heure. L’horloge indique la proximité du danger : minuit est l’heure de la fin du monde. Plus on s’en rapproche, plus le danger est grand. On peut trouver un indice du succès de cette entreprise à travers les multiples allusions issues de la culture populaire : cette horloge est par exemple au cœur de la chanson *2 Minutes to Midnight* d’Iron Maiden, qui dénonce les dangers de la course aux armements nucléaires. On la retrouve dans le titre *Minutes to Midnight* de Midnight Oil, l’album *Minutes to Midnight* de Linkin Park, *Doomsday Clock* des Smashing Pumpkins, ou dans *4 Minutes*, chanté par Madonna et Justin Timberlake. Aujourd’hui, chaque remise à l’heure de l’horloge suscite une grande

couverture médiatique, symbole également de son succès. Elle est aussi évoquée dans de nombreux films ou séries grand public (*NCIS*, *Doctor Who*, *Esprits criminels...*).

Plus que 89 secondes avant la fin du monde...
Le nouveau réglage de l’horloge de l’apocalypse pour 2025 a été dévoilé le 28 janvier dernier.
L’horloge a-t-elle avancé, et qu’est-ce que cela signifie pour un individu au quotidien ?

L’heure de l’horloge est désormais extrêmement précise. Beaucoup plus que dans les premières décennies de son existence. Les premières remises à l’heure étaient plus « aléatoires », dans le sens où celles-ci n’étaient pas annuelles, mais liées à des événements spécifiques. Et les réglages étaient en minutes, et non en secondes. Ainsi, créée en 1947 et initialement réglée à 23 h 53, elle est remise à l’heure une première fois en 1949, à 23 h 57, après que l’URSS est devenue une puissance nucléaire à son tour. Elle n’est ensuite remise à l’heure qu’en 1953, quand les États-Unis et l’URSS se dotent de la bombe H, thermonucléaire. Pendant la guerre froide, les remises à l’heure suivent les étapes de la prolifération nucléaire : l’horloge recule de 5 min en 1968 quand la France et la Chine entrent dans le club des puissances dotées d’armes atomiques. La fin de la guerre froide a marqué un espoir : jamais la fin du monde n’avait semblé si lointaine – il était 23 h 43. Mais depuis les années 2000, le temps s’est accéléré. Depuis 2015, les remises à l’heure sont devenues annuelles, et depuis 2017, les évolutions se font en secondes et plus seulement en minutes. C’est à la fois le signe d’un monde considéré comme plus instable et plus menaçant, mais aussi un effet de l’écho médiatique et politique de l’objet. Les gens s’y intéressent davantage, il faut donc être plus précis. Ainsi, en 2024, il était 23 h 58 min et 30 s, en 2025, il est 23 h 58 min et 31 s. Mais il faut bien lire l’horloge comme ce qu’elle est : une mise en garde. Elle révèle un état d’esprit, une angoisse, mais sa finalité reste de susciter une réaction salutaire des opinions publiques et des décideurs. Elle n’annonce évidemment pas la fin du monde.

Le changement climatique, après une nouvelle année record de températures élevées, est-il déterminant ? D’après vous, quel grand phénomène va le plus faire bouger l’horloge dans les années à venir ?

Au départ, seuls les éléments liés au nucléaire étaient pris en compte. La prolifération conduisait à une avancée de l’heure, et les accords de désarmement la

faisaient reculer. Le nucléaire reste au cœur de ce projet : ainsi, en 2023, quand l’heure a été avancée, les rédacteurs du *Bulletin* ont justifié leur décision par les risques que la guerre en Ukraine faisait courir sur les réacteurs de Tchernobyl et de Zaporijia. Mais auparavant, d’autres facteurs avaient déjà été pris en compte. Dès 2001, après le 11-Septembre, la menace terroriste est évoquée. D’abord par crainte que certaines organisations comme Al-Qaïda cherchent à se doter d’armes atomiques. Puis, c’est la menace terroriste comme source de déstabilisation des relations internationales qui a été considérée, et par la suite, d’autres facteurs, de plus en plus nombreux : depuis 2012, le réchauffement climatique et les questions énergétiques ; depuis 2020 et la Covid-19, les pandémies et les risques bactériologiques ; ou en 2025, le développement de l’intelligence artificielle et ses effets potentiels non maîtrisés... Aujourd’hui, l’heure proposée est le résultat d’un tout, prenant aussi en compte les aspects environnementaux et géopolitiques. Il devient donc très difficile de dire quel facteur domine. C’est d’ailleurs une évolution débattue au sein même du comité qui remet à jour l’horloge : certains scientifiques craignent que le message devienne confus et moins efficace. L’objectif était de sensibiliser à une menace : le nucléaire. Le message est aujourd’hui dilué dans l’évocation de nombreuses menaces. L’horloge de la fin du monde suscite des critiques internes, mais aussi externes. Elle relève indéniablement d’une lecture très occidentalocentrée de la situation mondiale. Néanmoins, c’est un outil, à prendre en compte comme tel, révélateur d’un état d’esprit. C’est une sorte de baromètre du moral des populations. •

- 1. Projet de recherche du gouvernement américain dont l’objectif était de produire une bombe atomique au cours de la Seconde Guerre mondiale.
- 2. Physicien nucléaire d’origine russe, père de la bombe H soviétique.



La guerre froide,
Jenny Raflik-Grenouilleau,
Cerf, 2025, 122 pages

Les gares de chemins de fer et la transformation de la culture du temps en France au XIX^e siècle

texte Stéphanie Sauget

L'étude du temps est l'objet privilégié de l'histoire, notamment le temps linéaire, décomposable en unités mesurables, que des instruments variés (de la clepsydre ou du sablier aux montres modernes) rendent visible pour permettre aux individus, aux entreprises et aux sociétés humaines de se synchroniser. Or, la synchronisation des activités humaines sur un vaste territoire soulève des problèmes considérables que la révolution ferroviaire expose au grand jour.

Stéphanie Sauget est historienne, professeure en histoire contemporaine à l'université de Tours et directrice du CeTHiS (Centre tourangeau d'histoire et d'étude des sources), spécialiste de l'histoire du ferroviaire et des imaginaires spatiaux en Europe au XIX^e siècle.



Vingt-quatre heures de la vie d'une gare. Fragments de la vie du quartier Montparnasse en 1895, Stéphanie Sauget, Nuvis, 2023

L'expansion du réseau ferroviaire français au XIX^e siècle a rendu nécessaire l'adoption d'un temps unifié pour la synchronisation des horaires, menant à l'établissement de l'heure légale, et influençant profondément et durablement la société.

Le temps ferroviaire ou l'invention de la ponctualité à la minute

Les chemins de fer, comme d'autres établissements de nature industrielle, ont besoin pour travailler d'une mesure fine du temps. Ils ne peuvent se satisfaire de la mesure approximative des heures, qui est alors la culture du temps partagé – de là est venue la conception spécifique du temps dans le milieu cheminot, que l'on a appelée la « religion de l'heure¹ ». Ce besoin d'une mesure exacte de l'heure est lié d'abord au souci de respecter des horaires, de se faire une idée de la vitesse (exprimée

en kilomètres par heure) et d'organiser le service des trains qui doivent se partager un nombre restreint de voies.

Des horloges et des montres exactes à tous les échelons

Les compagnies de chemins de fer font alors le choix, comme les usines depuis le XVIII^e siècle entre autres², d'adopter un temps interne, qui est le temps local du siège central de la compagnie, et qui est transmis du bureau central à toute la ligne par le télégraphe afin de régir les manœuvres et les horaires du personnel.

Dans le vocabulaire cheminot, horloges et montres sont appelées des « régulateurs », « *seul outil que tous ces gens (dans les Compagnies de chemins de fer) aient en commun, du plus petit au plus grand³* ». Dès l'embauche, le cheminot devait acheter un régulateur personnel (une montre à gousset qui pouvait coûter jusqu'à trois mois de salaire) et tous les jours « prendre l'heure » au début de son service au « régulateur de gare » : un véritable dressage⁴.

« *Les premiers salariés du rail arrivaient dans cette profession avec des notions très élastiques du temps. Certains savaient à peine lire un cadran (...). Il était midi lorsqu'ils avaient faim, il était l'heure d'aller se coucher lorsqu'ils avaient sommeil. Ces lamentables errements devaient cesser ! Le chemin de fer dut tout enseigner aux Français à ce sujet⁵* ».

Dans ce système, les gares parisiennes jouent un rôle central puisqu'elles sont des centres horaires qui détiennent les « régulateurs garde-temps », réglés sur l'heure de l'Observatoire de Paris, transmise par le télégraphe, puis par le réseau téléphonique. Dès 1849, Paul Garnier conçoit des horloges électriques reliées entre elles. Leur entretien est essentiel, et il est confié à un « Père l'Heure⁶ », équipé d'un chronomètre.

Les besoins internes d'un temps « vrai »

L'exploitation des chemins de fer implique aussi une connaissance exacte de la vitesse des trains, qui doit pouvoir se calculer puis se mesurer pour être régulée. De son bon calcul, puis de sa juste mesure, voire de son enregistrement dépendent donc le bon fonctionnement de l'ensemble du trafic ferroviaire. À la fin du siècle, alors que les gares accueillent des centaines de trains par jour, des appareils perfectionnés font leur apparition comme l'appareil portatif de Sabouret (présenté à l'Exposition universelle de 1889) qui était placé sur la voie⁷. Cet appareil est non seulement un indicateur de la vitesse des trains, mais aussi un enregistreur permettant les contrôles.

Dans les postes techniques des grandes gares, en charge de réguler le trafic et de mettre en musique la circulation des trains, on calcule encore à la main la marche des trains, mais le temps est mis en graphiques pour répondre aux besoins opérationnels. Dès avril 1874, la revue scientifique *La Nature* présente ces nouveaux « *tracés graphiques des trains de chemins de fer* » qui aident à la décision et permettent une gestion optimale des voies et des aiguillages ([voir page 38](#)). Ces nouvelles représentations du temps, gérées en interne par chaque compagnie des chemins de fer, permettent de transformer la précision de « l'horaire à la minute près ». Mais cette gestion interne, propre à chaque compagnie privée exploitant des réseaux différents qui s'interconnectent, est insuffisante – ou plutôt, elle requiert un partage de l'horaire qui nécessite une transformation de la culture du temps commune.

Du temps interne au temps externe : vers un temps unifié

Diffuser au public la politique interne de gestion des horaires est une néces-

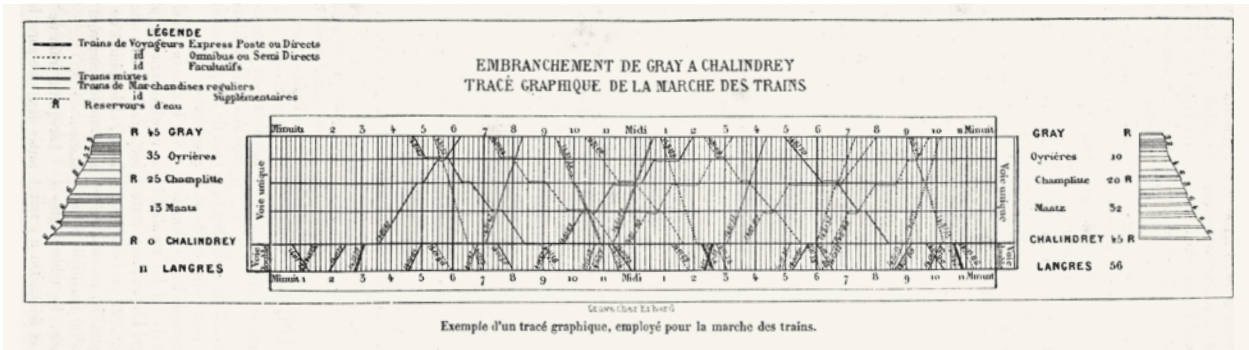


Illustration extraite de *La Nature*, 1874, p. 300 © Cnum – Conservatoire numérique des Arts et Métiers

sité vitale pour les compagnies de chemins de fer qui s’y attèlent dès qu’il est question de transport de voyageurs. Leurs efforts ont été déployés dans deux directions : développer une pédagogie des horaires à destination d’un public large et œuvrer à l’ouverture d’un vaste débat public sur la nécessité de l’homogénéisation de l’heure légale.

La pédagogie de l'horaire

À destination des citadins, tous considérés comme de potentiels voyageurs, les compagnies ont d’abord œuvré à exhiber leur culture de l’horaire. La place emblématique prise par l’heure est exemplaire dans le cas de l’horloge de la gare de Lyon, à Paris, reconstruite pour l’Exposition universelle de 1900 : monumentale, exécutée par la maison de Paul Garnier, elle est exhibée au sommet d’une tour beffroi de 65 mètres. Pourtant, 55 ans plus tôt, la première gare du Nord par exemple n’en avait pas, mais la question préoccupait les compagnies en France, alertées par les problèmes rencontrés par les Anglais⁸. Quinze ans plus tard, en 1860, la même gare du Nord comptait 114 « régulateurs horaires ». Dans l’architecture des gares, les horloges exhibées côté rue se trouvent désormais en position centrale et dominante. Peu à peu, les Parisiens s’habituent aussi à un autre outil conçu par les compagnies pour les voyageurs : *L’Indicateur des chemins de fer* imprimé par l’éditeur Chaix dès 1846. Même si « *l’horaire imprimé représente un monde idéal, bien éloi-*

*gné des errances et des irrégularités de la réalité*⁹ », son but est de diffuser la culture de la ponctualité ferroviaire, empreinte d’une précision quasi militaire qui donne l’impression que les compagnies maîtrise de manière absolue le temps¹⁰. La difficulté éprouvée par les voyageurs confrontés à cette nouvelle « religion de l’heure » survint dans la découverte, parfois à leurs dépens, du décalage entre l’horaire interne des chemins de fer, communiqué dans les *Indicateurs*, et l’heure locale, affichée au fronton de la gare. En 1879, tous les cadrans horlogers externes de la gare du Nord, c’est-à-dire tous ceux qui étaient tournés vers la ville, étaient réglés sur l’heure de la Bourse de Paris, mais tous les cadrans situés à l’intérieur de la gare affichaient délibérément un retard de trois minutes sur l’heure légale de Paris, soit l’horaire du réseau¹¹. Cette pratique de décalage, cause du stress du départ, cette nouvelle maladie du voyageur, existait depuis le milieu du XIX^e siècle et pouvait être assez différente d’une gare parisienne à l’autre, même proche l’une de l’autre : ainsi, si le décalage en gare du Nord était de trois minutes entre l’heure légale et l’heure interne, il était de cinq minutes en gare de l’Est pourtant voisine, mais relevant d’un réseau différent.

L'ouverture d'un débat public sur l'homogénéisation de l'heure

Si, dans un premier temps, le public et les compagnies se contentèrent de

cette solution d’un double horaire, l’extension géographique des réseaux augmenta les risques de conflits d’horaires et d’accidents de circulation. Comme le rappelait Lucien Baillaud, les pays européens fonctionnaient depuis la fin du XVIII^e siècle avec un « temps moyen » artificiel, établi par les astronomes¹², qui impliquait déjà une différence pouvant aller jusqu’à une quinzaine de minutes entre l’heure du temps moyen local et l’heure vraie astronomique – ce qui convenait parfaitement à des populations dont la vitesse de déplacement était globalement lente. Mais la révolution ferroviaire venait percuter ce modèle ancien. Dans le numéro du 28 juin 1845 du *Journal des chemins de fer*, soutenu par les entrepreneurs et actionnaires des chemins de fer en France, il est pour la première fois question de l’homogénéisation de l’heure, en référence à l’expérience anglaise¹³. Mais ce débat n’atteint une audience plus large qu’à la fin du siècle, lorsque la presse généraliste relaie les premières discussions internationales sur l’idée d’un « système horaire universel » dont les premiers défenseurs sont des ingénieurs ferroviaires¹⁴. Pourtant, en 1884, la France ne ratifia pas la décision de la Conférence de Washington faisant du méridien de Greenwich le méridien international de référence et inventant le système des fuseaux horaires. Elle préféra conserver le système du temps moyen local et ne pas adopter d’heure légale. En 1887, tous les réseaux français de chemins de fer prirent alors les devants et réso-

lurent de se caler sur un horaire unique, décidé entre eux : l’horaire de Paris moins cinq minutes, soit l’horaire du méridien de Rouen¹⁵. Mais cela ne résolvait pas le double horaire, civil et ferroviaire. Le besoin d’unifier les deux poussa tardivement l’Assemblée nationale à voter une loi (du 4 mars 1891) adoptant une heure légale française, celle de Paris. Mais il demeurait une différence de 9 minutes et 21 secondes entre le méridien de Paris et celui de Greenwich. La France restait en dehors du système des fuseaux horaires. Elle ne l’intégra que le 9 mars 1911 par une nouvelle loi qui s’appliqua immédiatement aux chemins de fer¹⁶. Ainsi, furent synchronisés le temps ferroviaire et le temps de la vie civile, les chemins de fer poussant les États à s’aligner sur leurs contraintes d’exploitation.

Un bouleversement chrono-social profond

À la jointure du XIX^e siècle avec le XX^e siècle, s’est donc accompli un véritable bouleversement chrono-social, synchronisant les horaires de toutes les activités humaines, simplifiant et fluidifiant immédiatement les circulations internationales, en perturbant d’autres à échelle plus locale, suscitant aussi de nouvelles attentes sociales. La diffusion de la culture de la ponctualité a entraîné des effets considérables sur la gestion des activités humaines. Les premiers à en subir les conséquences furent les employés de chemins de fer, soumis à la forte pression des horaires, dans une nouvelle culture managériale imposée par les compagnies de chemins de fer – ce qui put conduire à quelques accidents, dont certains furent spectaculaires¹⁷. Avant les gares, jamais autant la question du retard n’avait été aussi sensible. Divers observateurs constatèrent de nouveaux comportements s’ajoutant aux anciens,

tel l’écrivain scientifique Amédée Guillemin qui, en 1869, divisa les voyageurs en trois classes :

« *Celle des gens inquiets, qui arrivent deux ou trois heures avant le départ, dans la crainte de le manquer ; celle des retardataires, qui accourent tout essoufflés au moment même où le fouet du postillon claque, ou bien où le sifflet de la locomotive retentit ; enfin, la classe beaucoup moins nombreuse des hommes exacts, qui tirent triomphalement leur montre de leur poche, en vérifiant l’exact concordance, à une demi-minute près, avec l’heure de la gare, puis s’assèyent avec confiance, sûrs de leur fait, et satisfaits de leur méthodique exactitude*¹⁸ ».

De cette nouvelle chronobiologie sociale, nous sommes toujours les héritiers. •

1. Henri Vincenot, *La Vie quotidienne dans les chemins de fer au XIX^e siècle*, Hachette, 1975 – notamment le chapitre III « La religion : l’heure », p. 65 sqq.
2. David S. Landes, *L’heure qu’il est. Les horloges, la mesure du temps et la formation du monde moderne*, Gallimard, 1987 – notamment le chapitre « Le bon vieux temps qui n’a jamais été ».
3. Henri Vincenot, *op. cit.*, p. 65
4. *Ibid.*, p. 67.
5. *Ibid.*, p. 67. Henri Vincenot caricature l’état des connaissances des Français en matière de ponctualité. David S. Landes permet de nuancer ce propos car, dans certains secteurs, il existait déjà des mesures internes fines du temps de travail.
6. *Ibid.*, p. 69.
7. « Rapport sur le 4^e Congrès international des chemins de fer », *Annales des Mines*, 1893, série 9, vol. 3, p. 256.
8. « Les horloges des chemins de fer », *Journal des chemins de fer*, t. 4, n° 69, 28 juin 1845, p. 199. En Angleterre, Goulven Guilcher mentionne les péripéties de la ligne Birmingham & Gloucester Railway en novembre 1840 : les trains partant de Birmingham

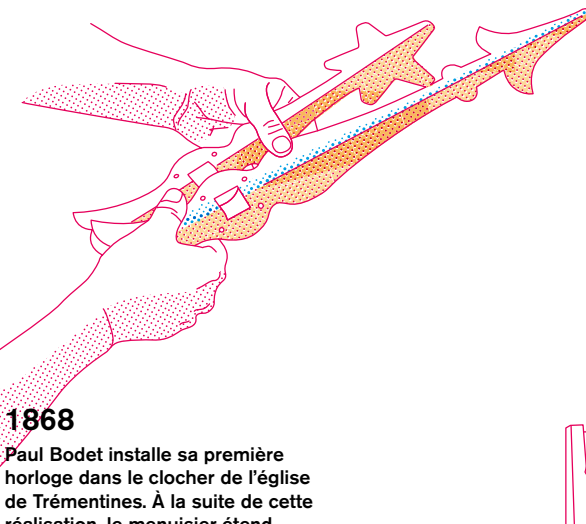
suivaient l’heure locale de cette ville, tandis qu’en sens inverse, ils adoptaient l’heure de Cheltenham, soit 10 à 15 minutes de différence. Cf. Goulven Guilcher, « La restructuration du temps par les chemins de fer : le *Railway Time* », *Les Cahiers victoriens & édouardiens*, avril 2000, n° 51, p. 63.
9. Goulven Guilcher, art. cit., p. 67.
10. *Ibid.*
11. Centre des archives du monde du travail (CAMT), Roubaix, 48 AQ 3552 : Archives de la Compagnie des chemins de fer du Nord. Chemises « Horloges ». Article 3 de l’avenant au contrat signé avec le fils d’Henry Lepaute, le 31 décembre 1879.
12. Lucien Baillaud, « Les chemins de fer et l’heure légale », *Revue d’histoire des chemins de fer*, n° 35, 2006, p. 25.
13. *Journal des chemins de fer*, n° 69, 28 juin 1845, p. 199.
14. Sandford Fleming, d’abord ingénieur civil en chef de la compagnie canadienne Northern Railway en 1857, puis nommé par le gouvernement canadien arpenteur en chef de la première section du chemin de fer prévu entre Québec et Halifax, prône l’adoption d’un temps standard universel dans un ouvrage intitulé *Universal or cosmic time*, Council of the Canadian Institute, 1885.
15. Lucien Baillaud, article cité, p. 29.
16. *Journal officiel* du 9 mars 1911, p. 1873.
17. On peut ici penser au célèbre accident de la gare Montparnasse qui fut causé par une locomotive que son conducteur et ses machinistes ne purent arrêter à temps parce qu’ils avaient cherché à rattraper le retard accumulé pendant le trajet entre Granville et Paris en 1895. Voir Stéphanie Sauget, *Vingt-quatre heures de la vie d’une gare. Fragments de la vie du quartier Montparnasse en 1895*, Nuvis, 2023.
18. Amédée Guillemin, *Les Chemins de fer*, 3^e éd., Librairie Hachette, 1869, p. 274-275.

Une valse à mille temps dans les rouages de l'atelier Bodet

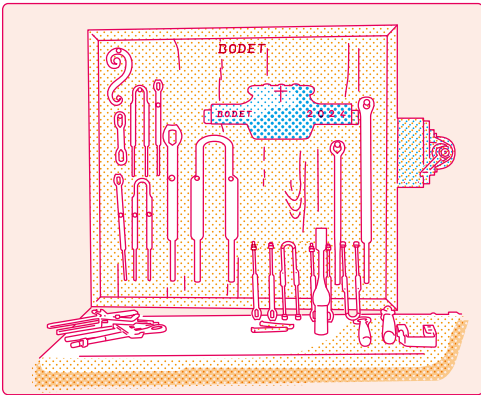
8h12. Après avoir remonté mes pendules pour passer à l'heure d'été, direction la gare Montparnasse. 9h37. Pas le temps de consulter l'heure à l'horloge, je saute *in extremis* dans le TGV INOUI 8913. 11h14. Angers Saint-Laud. 11h23. TER 859311. 11h50. Chemillé-en-Anjou. En arrivant par le nord-est depuis la gare, la D160 file tout droit à travers les champs verdoyants jusqu'à Trémentines, dans le bassin choletais. À l'orée de la zone industrielle se dresse une monumentale horloge Rhin-Rhône, plantée en banderille au milieu du premier rond-point de la commune. 12h17.

Bienvenue dans l'usine du temps.

texte et illustrations Jérémie Garric

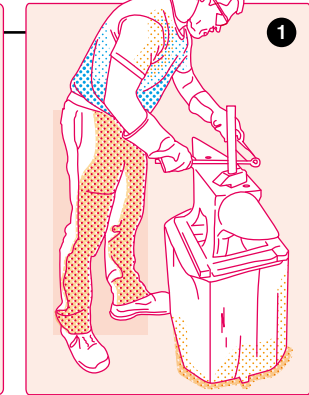
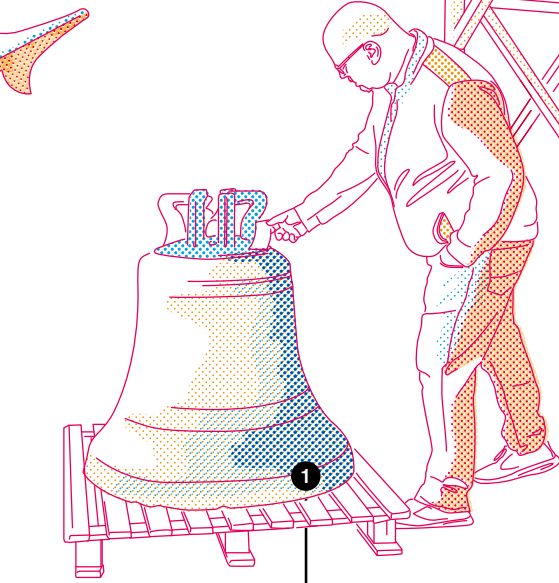


1868
Paul Bodet installe sa première horloge dans le clocher de l'église de Trémentines. À la suite de cette réalisation, le menuisier étend son activité dans l'ouest de la France : l'entreprise Bodet est née.



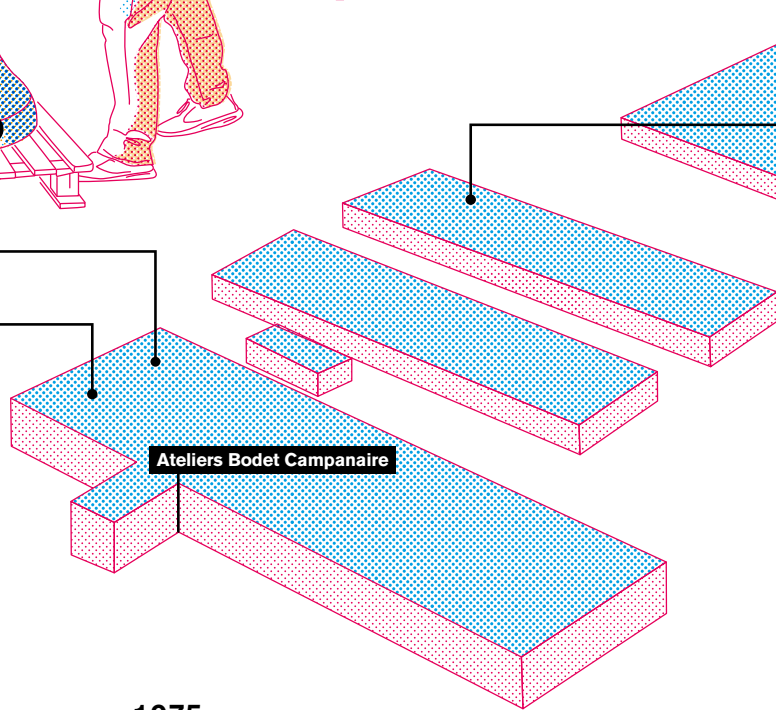
Cette histoire familiale perdure depuis plus de 150 ans. Sa section Campanaire offre un savoir-faire unique dans la restauration des cloches et l'équipement du clocher – beffrois, jogs, abat-sons – et de l'horlogerie d'édifices.

1



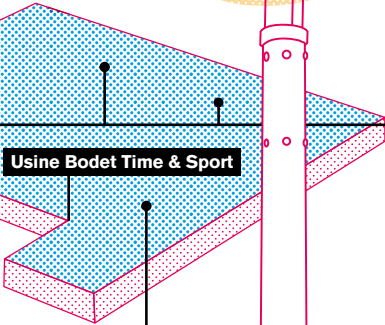
1968
L'entreprise conçoit ses premiers tableaux de score pour le sport (intérieurs et extérieurs), pupitres de commande et de chronométrage.

2

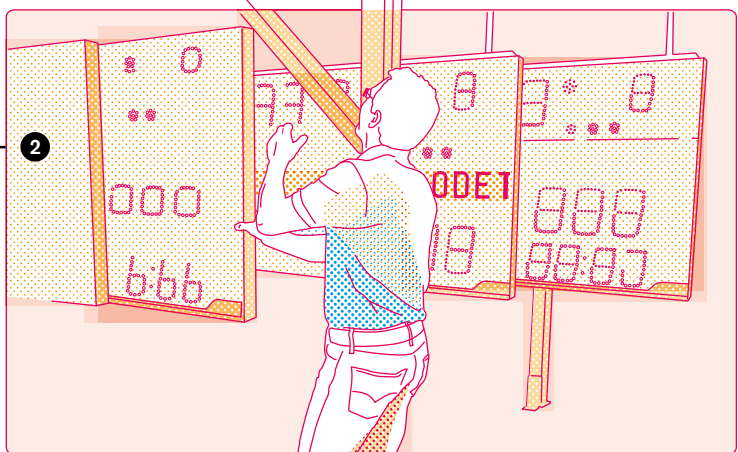
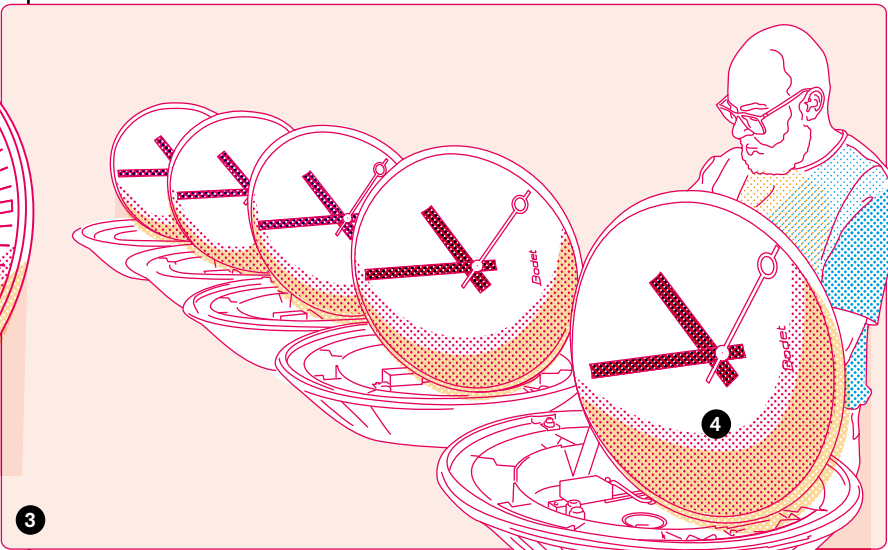
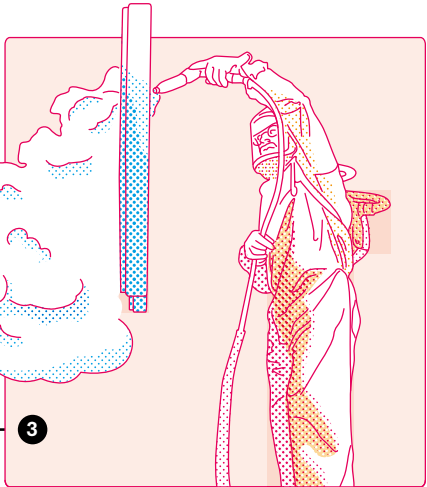
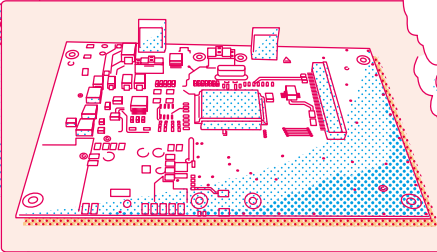
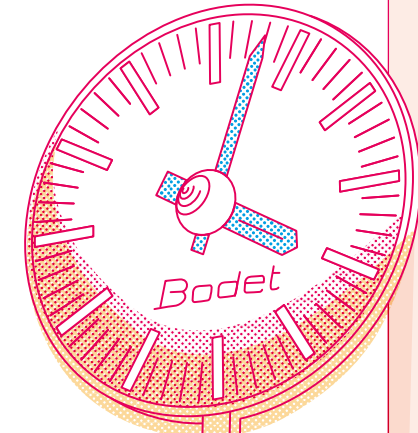


1975
Avec l'arrivée de l'électronique et du quartz, Bodet lance l'horlogerie industrielle, analogique et digitale. Toute la chaîne de fabrication est alors assurée en interne, de la conception de pièces, à partir de granulés plastiques fondus, au montage final, en passant par la fabrication des cartes électroniques.

3



1987
L'avènement de la micro-informatique incite l'entreprise à se lancer dans l'édition de logiciels de gestion du temps : distribution horaire, serveurs de temps, systèmes audio et d'alertes...



1993
La Société nationale des chemins de fer français (SNCF) choisit Bodet Time pour équiper les gares françaises et fait installer l'horloge « Profil TGV », créée pour l'occasion.

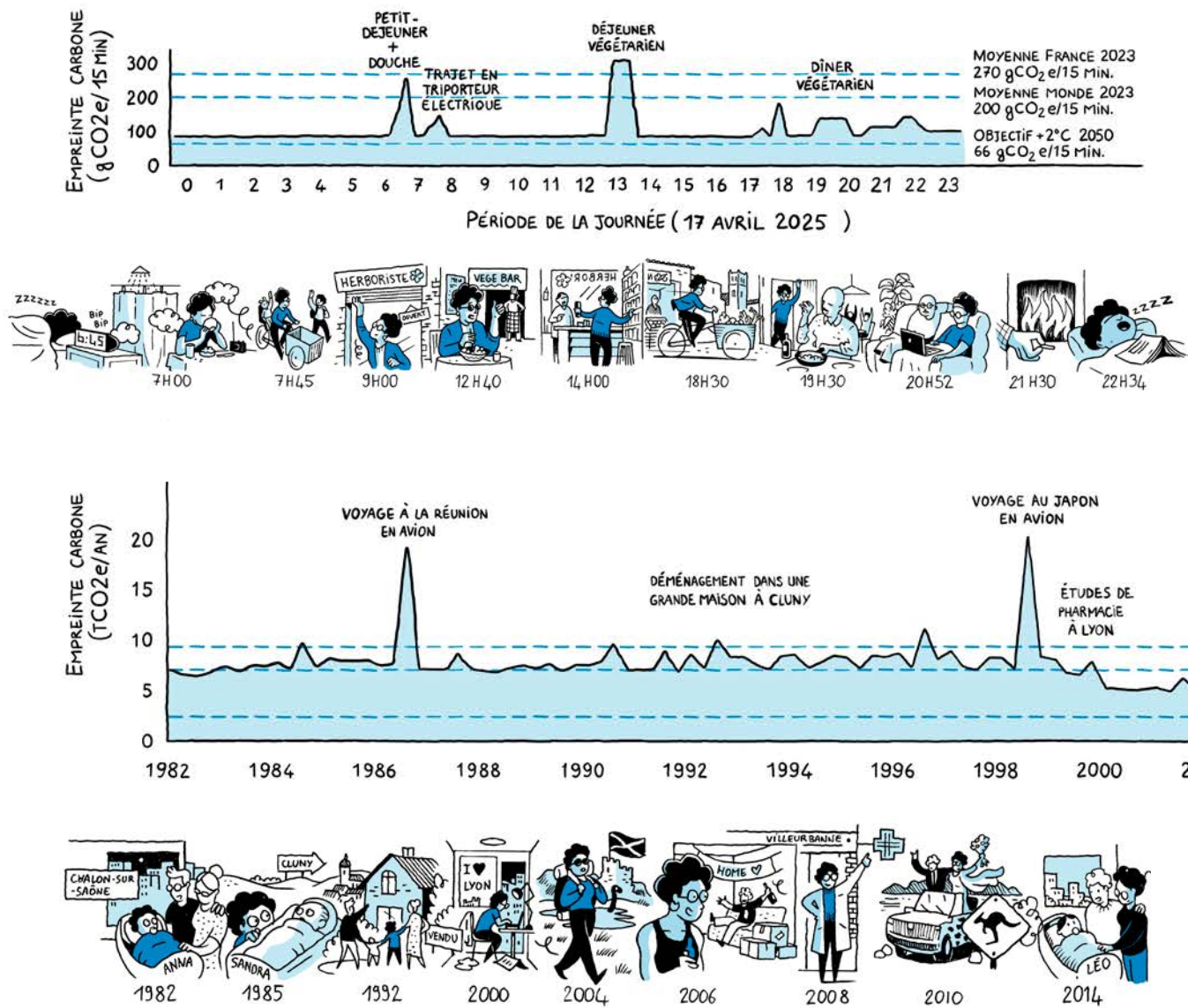
4

1988-2025
Des filiales Bodet sont successivement créées en Espagne, au Royaume-Uni, en Belgique, en Suisse, aux Pays-Bas et en Allemagne. L'entreprise compte un effectif de plus de 1 140 collaborateurs dans le monde entier.

43 ans dans la vie d'Anna

textes Raphaël Ménard, Félix Pouchain, Grégoire Robida
modélisation Félix Pouchain
illustrations Antoine Maréchal

Généralement, nos empreintes carbone individuelles sont évaluées sur une année. Ces bilans, année après année, composent la trace de nos modes de vie sur le dérèglement climatique. En France, l'empreinte moyenne est de 9,4 tonnes de CO₂ par habitant et par an. Dans le monde, elle est en moyenne de 7,1 tonnes de CO₂ par humain et par an. Pour réduire l'impact du dérèglement climatique, il faut tendre vers 2 tonnes de CO₂ équivalent par personne et par an. Toutefois, le pas de temps de l'année est-il l'échelon pertinent pour évaluer toutes nos actions et tous nos choix ? Comment peser la somme des petits choix de notre vie courante (le contenu de nos assiettes) et les comparer aux grandes décisions de vie, comme un déménagement par exemple ? Pour mieux comprendre nos « pouls CO₂ », nous avons suivi Anna depuis sa naissance. Voici le chronogramme de son empreinte, avec deux zooms : l'un sur une année, en 2019 (c'était juste avant la covid) ; et l'autre, plus récent, le jeudi 17 avril 2025.



MÉTHODOLOGIE

L'estimation de l'empreinte carbone de chaque trimestre de la vie d'Anna entre 1982 et 2024, de chaque jour de l'année 2019 et de chaque quart d'heure du 17 avril 2025 repose sur une modélisation de ses comportements et consommations : alimentation, logement, transport, services publics et privés, biens de consommation. Nous faisons l'hypothèse qu'Anna, notre personnage fictif, vit dans le monde d'aujourd'hui depuis sa naissance. C'est évidemment une approximation, puisque cela suppose des conditions constantes sur 42 ans. Cette hypothèse reste néanmoins pertinente à des fins d'illustration, de la même manière que l'on calcule aujourd'hui l'espérance de vie à partir des conditions de mortalité d'une année donnée.

Pour l'alimentation, le modèle utilise la méthode et les données du simulateur Nos Gestes Climat. À chaque âge, un régime alimentaire est fixé (vegan, végétarien, viande blanche ou rouge, poisson, type de petit-déjeuner, produits locaux et de saison). Une option est tirée pour chaque petit-déjeuner, déjeuner et dîner, et l'impact correspondant est comptabilisé au moment du repas.

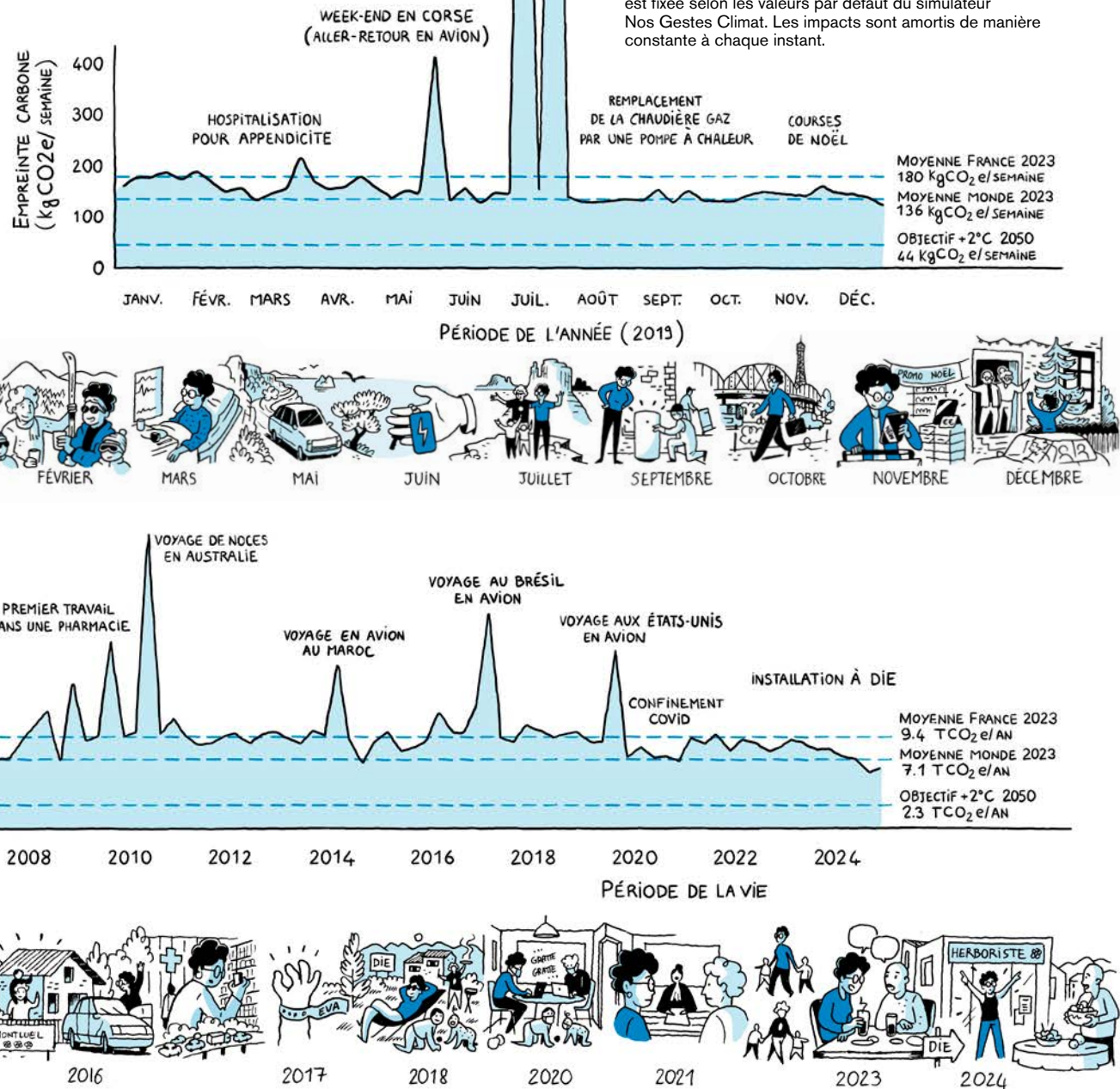
Pour le logement, le modèle s'appuie sur les données du recensement Insee (Institut national de la statistique

ALLER - RETOUR EN AVION
AUX ÉTATS-UNIS

et des études économiques), les statistiques de consommation d'énergie du Ceren (Centre d'études et de recherches économiques sur l'énergie) et les facteurs d'émissions de la Base Empreinte de l'ADEME (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie). Lors de chaque déménagement, les caractéristiques du logement (surface, type d'énergie, époque de construction) sont tirées à partir du profil socio-économique d'Anna. Les consommations énergétiques (chauffage, eau chaude, cuisson, électricité spécifique) sont estimées, ainsi que l'impact de la construction ou rénovation (amorti sur 50 ans). Les impacts énergétiques sont comptés au moment de leur consommation, ceux de la construction sont amortis de manière constante à chaque instant.

Pour le transport, le modèle repose sur l'outil open source d'AREP Mobility, fondé sur l'enquête mobilité des personnes 2018-2019. Les échantillons de déplacements sont ensuite adaptés pour refléter la vie d'Anna (lieu de travail, modes de transport, voyages, Covid...). Chaque déplacement est caractérisé (distance, mode, nombre de passagers) et son impact calculé à partir des facteurs d'émission de l'ADEME.

Pour les services et les biens de consommation, l'empreinte est fixée selon les valeurs par défaut du simulateur Nos Gestes Climat. Les impacts sont amortis de manière constante à chaque instant.



Changement climatique, crise écologique

Une question de rythmes ?

texte Grégoire Robida

Des flux d’extraction de matières premières à la production de déchets, en passant par les distances parcourues au cours d’une vie, le rythme de nos sociétés n’a cessé de s’accélérer depuis les années 1950, entraînant avec lui le basculement d’indicateurs cruciaux pour l’habitabilité de la planète. Et si penser la crise écologique au prisme de la vitesse nous permettait de mieux identifier les voies d’une architecture et d’un aménagement du territoire soutenables ?

La grande accélération : l'autre nom de la crise écologique ?

En l'espace de seulement trois générations, le nombre d'automobiles en circulation est passé de 40 à 850 millions, et l'humanité a émis les trois quarts du dioxyde de carbone généré au cours de son histoire¹. La consommation mondiale d'énergie a été multipliée par 6 ou 7, tandis que la production de plastique passait de 1 million de tonnes en 1950 à 460 millions en 2020 (tout en doublant entre 2000 et 2020²). Que l'on songe au rythme de transformation d'énergie, d'extraction de matières premières, de production de déchets, ou encore au tempo de nos vies quotidiennes, il semble que la cadence de nos sociétés n'a cessé de s'accélérer au cours des dernières décennies. C'est ce qu'à montré le sociologue Hartmut Rosa dans son livre *Accélération. Une critique sociale du temps*³, où il explore les facteurs à la fois culturels, sociaux et tech-

niques de cette spirale d'accélération, ainsi que ses effets sur les sociétés modernes et leurs individus – comme l'augmentation du nombre de burn-out ou la recrudescence de syndromes d'épuisement psychique. Le versant environnemental de ce phénomène a également été décrit au travers du concept de « grande accélération », proposé en 2007 par le chimiste et climatologue Will Steffen, le météorologue et Prix Nobel de chimie Paul J. Crutzen et l'historien de l'environnement John R. McNeill⁴. Dans un article ayant fait date, les chercheurs montraient comment l'accélération des activités humaines depuis le milieu du XX^e siècle – mesurée au travers d'indicateurs tels que le PIB, la consommation d'eau ou d'énergie, les transports, les télécommunications, la consommation d'engrais... – s'est accompagnée d'une augmentation exponentielle des pressions sur la biosphère.

Quand le rythme fait la dose

Cette accélération exponentielle se heurte cependant à des limites d'ordre biophysique. D'une part, le rythme de la consommation des ressources, bien supérieur à celui de leur renouvellement, conduit à leur raréfaction progressive, voire, pour certaines, à un risque d'épuisement à un horizon plus ou moins proche. On peut penser au pétrole, dont le rythme de renouvellement « naturel » se compte en dizaines, voire en centaines de millions d'années, tandis que certains gisements de premier plan ont déjà entamé leur déclin après seulement quelques décennies d'exploitation. D'autre part, cette consommation accélérée de ressources conduit à déstabiliser de nombreux indicateurs vitaux du « système Terre ». Le concept de limites planétaires, proposé en 2009 par une équipe internationale de 26 chercheurs⁵, nous alerte ainsi sur le franchissement de seuils décisifs pour le maintien d'un écosystème sûr pour l'humanité. Parmi les neuf limites identifiées figurent par exemple le changement climatique, l'érosion de la biodiversité ou encore la perturbation des cycles de l'azote et du phosphore. Dans le cas du changement climatique, c'est bien parce que le *rythme* auquel l'humanité émet des gaz à effet de serre excède fortement celui auquel la biosphère peut les absorber que le système climatique est sorti d'une relative stabilité de plusieurs milliers d'années. On pourrait ainsi parler de phénomènes de déphasage entre rythmes matériels des sociétés humaines et rythmes de régénération de la biosphère⁶. Pour paraphraser l'adage selon lequel « c'est la dose qui fait le poison », ici c'est le rythme auquel le poison est diffusé qui fait la dose.

Y a-t-il un pilote dans la mégamachine ?

Bien sûr, ces observations ne sont pas nouvelles : elles étaient déjà au cœur du rapport *Les Limites à la croissance*, publié en 1972 sous la direction de Donella et Dennis Meadows. Pourtant, alors qu'une synchronisation entre rythmes de régénération du système Terre et rythmes de l'économie globale apparaît chaque jour plus urgente, il semble que le déphasage entre ces deux sphères ne cesse au contraire de s'accroître. D'un côté, l'accélération des activités humaines se poursuit. Même s'il faudrait distinguer les rythmes selon les régions du monde et les économies, le PIB mondial – qui ne désigne pas autre chose que le cumul de l'activité économique *par unité de temps* – continue de croître ; et l'accumulation des progrès techniques laisse présager pour l'avenir de nouveaux gains de productivité, synonymes eux aussi d'accélération de l'activité économique par effet rebond⁷ – c'est en tout cas ce que nous annoncent les promoteurs de l'intelligence artificielle.

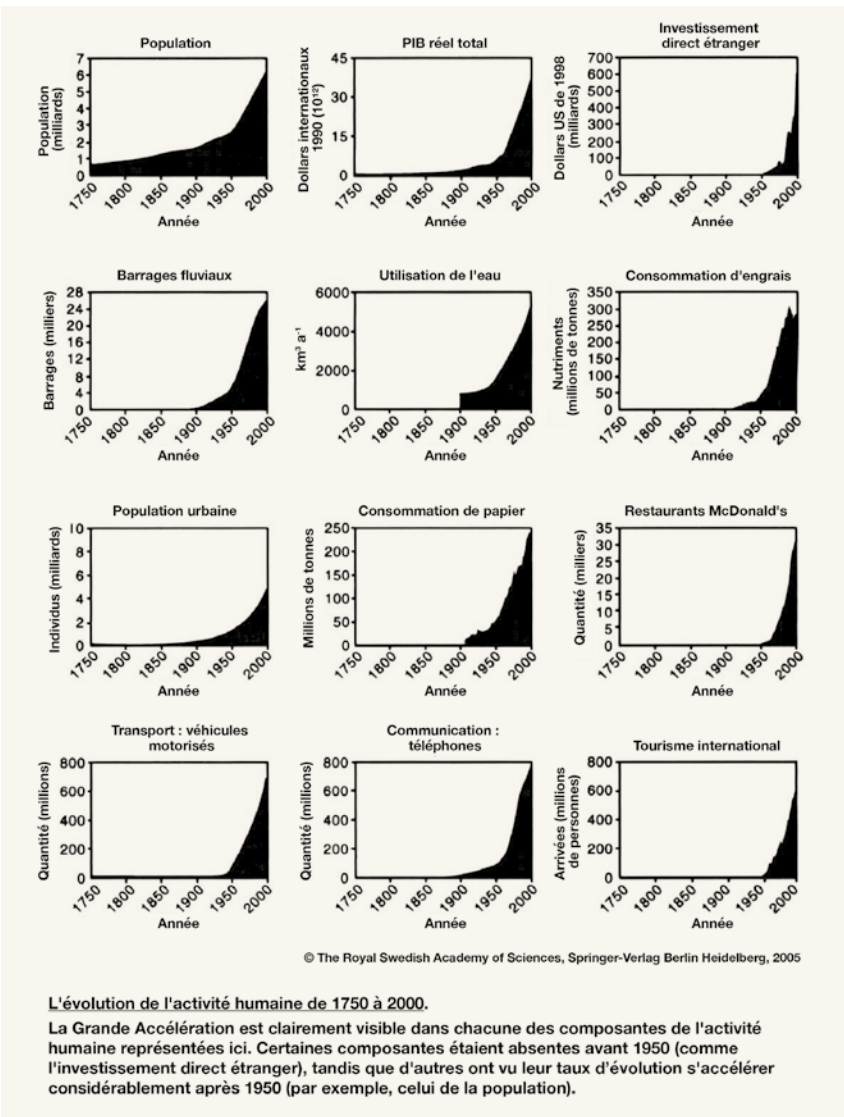
De l'autre, la capacité de charge de la biosphère tend à se réduire, sous l'effet de l'accumulation de la dette écologique – résultat de décennies durant lesquelles le rythme de consommation globale a excédé les capacités de régénération de la planète. L'artificialisation continue des sols – dont la modification constitue elle-même une limite planétaire – concourt par exemple à réduire la capacité de stockage globale du carbone par la biosphère, et donc à accentuer l'écart entre rythme d'émission de gaz à effet de serre par l'humanité et rythme d'absorption de ces derniers par la biosphère.

Le ralentissement comme préalable à toute sortie de crise écologique ?

Comment sortir de cette spirale infernale, et retrouver des rythmes d'empreinte écologique compatibles avec la perpétuation de l'habitabilité de la planète – aussi bien pour l'humanité que pour l'ensemble du vivant ? Là encore, la question n'est pas nouvelle : l'enjeu de la décelération se trouve au cœur des réflexions sur la décroissance, et plus largement de multiples textes fondateurs de l'écologie. Elle se heurte cependant à de nombreux freins culturels ou sociaux, ainsi qu'à la logique même du système économique capitaliste, dont la croissance constitue un élément consubstantiel, synonyme d'accélération du rythme économique. Sommes-nous condamnés au creusement du déphasage écologique et à une accélération socio-technique incontrôlée ? Peut-on décider seul(s) ou à l'échelle locale de ralentir, dans un contexte global de course à la puissance et de compétition généralisée (entre États, entreprises, individus, collectivités...) ? Comment répartir collectivement et démocratiquement les efforts associés à ce ralentissement global ? Quels secteurs devraient ralentir en priorité – et dans quelles proportions ? Quels secteurs, régions du monde ou sphères sociales pourraient au contraire poursuivre une forme d'accélération ? Tous ces questionnements, essentiels, semblent pourtant encore bien peu présents dans le débat public.

Vers un urbanisme de la lenteur

Les concepteurs (architectes, urbanistes, ingénieurs, designers...) et leurs maîtres d'ouvrage (États, collectivités territoriales, entreprises...) auront en tout cas un rôle décisif à jouer dans ce ralentissement, car la question des rythmes s'avère indissociable de celle de l'aménagement de l'espace et des infrastructures. Les outils à leur disposition pour y contribuer ne manquent pas et sont pour la plupart déjà bien identifiés par les défenseurs d'un aménagement du territoire frugal, bas carbone et écologique.



Promouvoir les mobilités actives, favoriser des villes « lentes » ou « du quart d’heure », réduire la vitesse sur les routes et autoroutes, ou encore réduire la fréquence des vols au départ d’un aéroport, constituent autant de voies pour faciliter des formes locales de ralentissement des flux d’énergie et de matière. En Italie, le mouvement Cittaslow (*lire page 100*), inspiré des travaux du penseur de la décroissance Ivan Illich, prône depuis 1999 un urbanisme de la lenteur, en s'appuyant sur des principes tels que le développement de zones piétonnes et d'espaces publics favorables à la sociabilité, la création de réseaux cyclables et de transports en commun, la valorisation du patrimoine historique (plutôt que la construction neuve), ou encore le soutien aux commerces et artisans locaux. À une échelle nationale, l’Irlande s’est récemment illustrée par une réduction des vitesses maximales autorisées sur ses routes^a – passant 75 % de son

réseau de 80 à 60 km/h, ses routes nationales de 100 à 80 km/h, et les routes urbaines de 50 à 30 km/h. Aux Pays-Bas, le gouvernement a annoncé fin 2024 une réduction de 4,4 % de la capacité totale des vols de l’aéroport d’Amsterdam-Schiphol pour l’année 2025⁹ – soit un « ralentissement » de plus de 20 000 vols par an. Le pays est également connu pour ses *woonerfs*, ces rues conçues depuis les années 1960 pour que la fonction de sociabilité l’emporte sur celle du transit automobile : l’abaissement de la vitesse maximale à 15 km/h y permet une réappropriation de l’espace public au profit d’usages conviviaux, notamment par les enfants, et une augmentation de la végétalisation – preuve que le ralentissement peut aussi être synonyme d’amélioration du bien-être. Cette stratégie du ralentissement des mobilités ne peut cependant pas être uniforme, et des dilemmes

← Graphique tiré de l’article “The Anthropocene: Are Humans Now Overwhelming the Great Forces of Nature” par W. Steffen, P.J. Crutzen et J.R. McNeill, *Ambio*, vol. 36, n° 8, décembre 2007, p. 614, publié par la Royal Swedish Academy of Sciences

peuvent subsister : dans certains cas, le développement de mobilités décarbonées « rapides » – relativement à des alternatives plus lentes – peut être envisagé pour concurrencer des mobilités plus carbonées. Les questionnements récurrents autour de la grande vitesse ferroviaire, du bridage de la vitesse des vélos électriques ou encore de la place à accorder aux voitures électriques ou aux véhicules intermédiaires constituent de bons exemples de ce type de dilemmes.

Découpler l'architecture de l'extractivisme

À l’échelle architecturale, augmenter l’espérance de vie des bâtiments et infrastructures par leur entretien ou leur reconversion, ou encore opter pour des matériaux biosourcés dont le rythme de prélèvement n’excède pas celui de leur régénération, contribue également à ralentir les rythmes d’extraction de matière, de production de déchets et de transformation de l’énergie associés au secteur de la construction. Les initiatives de ce type sont innombrables, de la massification de l’usage de matériaux biosourcés au développement de filières de réemploi. Des projets pionniers tels que le Pavillon circulaire à Paris, construit avec 60 % de matériaux de réemploi par l’agence Encore Heureux Architectes en 2015, ont contribué à défricher un territoire de conception encore trop marginal dans le marché de la construction standard. L’intensification de l’usage des bâtiments constitue également une voie intéressante permettant de réduire les besoins de construction neuve – les artisans de l’urbanisme transitoire, tels que la coopérative Plateau Urbain, s’en sont fait une spécialité. La facilitation de la mobilité résidentielle ou encore la baisse de la part de résidences secondaires dans les zones tendues constituent d’autres pistes de réflexion pour tirer un meilleur parti du patrimoine bâti existant.

Ralentir plutôt qu’optimiser

Après des décennies d’optimisation des systèmes permettant d’accélérer les flux de matière et d’énergie, l’heure est sans doute venue de trouver les voies d’un ralentissement global mais différencié, qui passera nécessairement par un travail sur l’espace et les infrastructures. Non pas pour viser la lenteur en tant que telle, mais pour tendre vers un équilibre entre rythmes socio-économiques des sociétés humaines et rythmes de la biosphère permettant leur épanouissement. La tâche ne s’annonce pas facile, et les obstacles pour y parvenir sont encore nombreux ; mais nos existences y retrouveraient peut-être des rythmes plus soutenables psychologiquement, et une plus grande « résonance » avec notre environnement, pour reprendre le concept proposé par Hartmut Rosa en remède aux pathologies sociales de l’accélération. •



The Great Acceleration: An Environmental History of the Anthropocene since 1945,
J.R. McNeill, P. Engelke,
The Belknap Press of Harvard University Press, 2016, 288 pages

1. J.R. McNeill, P. Engelke, *The Great Acceleration: An Environmental History of the Anthropocene since 1945*, The Belknap Press of Harvard University Press, 2016.
2. Stéphane Mandard, « Le plastique, une menace protéiforme », *Le Monde*, 29 mai 2023.
3. Hartmut Rosa, *Accélération. Une critique sociale du temps*, La Découverte, 2010. Rosa identifie deux moteurs fondamentaux de cette spirale d'accélération, en amont des évolutions techniques qui la rendent possible. Le premier moteur, d'ordre social, découlerait de la généralisation de la logique de compétition, qui pousse à accélérer pour tenter d'acquérir un avantage comparatif sur ses concurrents. Le second moteur, d'ordre culturel, serait l'aspiration à une vie intense comme modèle de vie bonne, dans le cadre d'une société sécularisée où la « vie avant la mort » aurait pris le pas sur les promesses de « vie après la mort ».
4. W. Steffen, P.J. Crutzen et J.R. McNeill, “The Anthropocene: Are humans now overwhelming the great forces of nature?”, *Ambio*, Royal Swedish Academy of Sciences, vol. 36, n°8, décembre 2007, p. 614.
5. J. Rockström, W. Steffen, K. Noone *et al.*, “A safe operating space for humanity”, *Nature* 461, 472–475 (2009).
6. Le concept de « jour du dépassement » tente de rendre compte de ce déphasage, en estimant la date à partir de laquelle l’humanité est supposée avoir consommé l’ensemble des ressources que la biosphère est capable de régénérer en l’espace d’une année.
7. Les promoteurs du concept de « croissance verte » affirment qu’un découplage entre croissance économique et empreinte environnementale du PIB nous permettrait de nous extraire de ce déphasage de plus en plus marqué. Sans entrer dans le détail des débats, on peut noter ce paradoxe, illustratif du concept d’effet rebond : jamais l’humanité n’a disposé collectivement de technologies aussi « propres » qu’aujourd’hui, pourtant, jamais l’empreinte environnementale de l’humanité n’a été aussi élevée (si l’on se réfère, là encore, aux indicateurs des différentes limites planétaires).
8. A. McNair, C. Campbell, “Speed limits on some Irish rural roads reduced”, BBC, 7 février 2025.
9. B. Meijer, “Dutch airport Schiphol capped at 478,000 flights per year to reduce noise”, Reuters, 6 décembre 2024.

L'urgence écologique, son importance et son usure

texte Alexis Vrignon

Dès les années 1970, l'urgence née de la dégradation globale des écosystèmes et la nécessité de transformer au plus vite nos modes de vie et nos systèmes productifs revient régulièrement sous la plume de nombreux militants. Établir la généalogie de ce type de discours permet d'en comprendre la pérennité mais aussi les angles morts. Comprendre l'usure de l'urgence, c'est explorer combien l'Anthropocène induit aussi un dérèglement de notre rapport au temps.

Alexis Vrignon est maître de conférences en histoire contemporaine à l'université d'Orléans et chercheur au sein du laboratoire Polen. Ses recherches portent sur les mouvements écologistes ainsi que sur l'évolution des systèmes énergétiques depuis les années 1960, en France continentale et dans les Outre-mer.

« La dernière chance de la Terre¹ »
« 5 000 jours pour sauver la planète² »
« C'est maintenant ! 3 ans pour sauver le monde³ »
« We have 1 028 days left⁴ »

Depuis plus d'un demi-siècle, on ne compte plus les écrits, les discours, les actions militantes qui mettent en avant l'urgence écologique pour souligner la nécessité d'un sursaut collectif, d'une mobilisation des États ou d'une prise de conscience individuelle. Cette persistance interroge, non qu'elle invalide le constat d'une situation particulièrement grave : l'effondrement de la biodiversité, l'accumulation de substances toxiques dans les corps et les environnements tout comme le réchauffement climatique constituent des menaces existentielles pour l'ensemble des sociétés, à commencer par les plus vulnérables. Aujourd'hui comme hier, chaque décision prise – ou repoussée – est susceptible d'amplifier les processus à l'œuvre ou, au contraire, d'en limiter les impacts. Mettre en avant l'urgence de la situation est-il mobilisateur et efficace ? De fait, les échéances annoncées sont régulièrement dépassées au risque que l'alerte devienne une litanie, presque un bruit de fond sans conséquence. Sans cesse réitérée, l'urgence écologique court ainsi le risque d'être usée, relativisée voire déconsidérée. De manière symptomatique, se diffuse dans le langage courant une référence erronée au mythe de Cassandre, condamnée par Apollon à prédire l'avenir sans jamais être crue ; on tend désormais à employer ce récit pour évoquer un propos alarmiste dont il conviendrait de se méfier. Pourtant, la récurrence du motif de l'urgence écologique, depuis plus de 50 ans, montre son enracinement et sa prégnance dans nos imaginaires collectifs qu'il convient d'explorer pour comprendre com-

ment l'Anthropocène est marqué par un dérèglement temporel de notre rapport à l'environnement.

Généalogie de l'urgence écologique
L'urgence écologique traverse les époques, depuis le premier âge d'or des revues écologistes des années 1970 jusqu'aux réseaux sociaux actuels. Si les données mobilisées varient, des récurrences demeurent. Souvent énoncée sous la forme d'un compte à rebours, l'urgence en appelle à la mise en avant d'une nécessaire prise de conscience, d'un tournant, individuel ou collectif, amenant une bonne fois pour toutes à se saisir des enjeux environnementaux. C'est tout particulièrement le cas lors des grandes COP, à commencer par celles de Stockholm (1972) puis de Rio (1992). Plus récemment, l'émergence de la thématique des « bifurqueurs » parmi les étudiants de grandes écoles a accompagné un discours similaire⁵. Autre point commun : l'échelle des phénomènes. Si le vocabulaire varie, c'est bien du « monde », de la « Terre » ou encore de la « planète » dont il est question, comme le montrent les citations qui ouvrent cet article. Forts du constat d'une situation gravissime, les lanceurs d'alerte appellent à une série de mesures coordonnées, voire à une planification pour corriger une trajectoire mortifère en s'appuyant sur les travaux des spécialistes du système Terre. Un tel enracinement invite à esquisser une généalogie de l'urgence écologique pour en comprendre la persistance dans nos imaginaires. Si des alertes et des inquiétudes ont marqué le XIX^e siècle, c'est plus sûrement la Seconde Guerre mondiale et la guerre froide qui en constituent la matrice essentielle. L'idée qu'un groupe humain puisse être tout entier tourné vers un même et unique but – la victoire contre le nazisme – et se donne les moyens pour y parvenir est évidemment très présente. Il en va de même de la célébration de la grandeur des projets technoscientifiques, comme le projet Manhattan ou le premier pas sur la Lune, qui mêlent ingénierie, grand dessein et héroïsme individuel. Soulignons enfin l'importance accordée aux ressources naturelles, à leur inventaire et à une prospective quant au rythme de leur épuisement. En témoignent les succès de librairie qui tous insistent sur l'urgence de la situation tels que *La Planète au pillage*⁶ ou *Road to Survival*⁷ dans l'immédiat

après-guerre ou, quelques décennies plus tard, *Les Limites à la croissance*⁸ mais aussi des notions telles que le pic pétrolier, annoncé dès 1956. L'urgence écologique s'inscrit donc dans le paysage mental de l'Anthropocène et de ses ambiguïtés, tant l'alerte quant à la gravité des processus en cours va de pair avec l'idée que les sociétés ont les capacités d'agir sur leur environnement de manière déterminante, positive et rapide. Cette généalogie explique sans doute en partie pourquoi la notion d'urgence écologique est socialement située. Sa mise en évidence suppose de s'appuyer sur des études scientifiques et d'être en position de se projeter dans des alternatives, ce qui nécessite du temps disponible et des moyens financiers (ne serait-ce qu'en quantité limitée). On en revient, comme souvent depuis la crise des Gilets jaunes, aux tensions entre « fin du monde et fin du mois » (*lire page 68*) et, plus largement, à l'environnementalisme des pauvres et du Sud global qui se pratique selon des rythmes et des finalités différentes⁹. Cela ne signifie en aucune manière que des classes sociales moins favorisées seraient nécessairement insensibles aux enjeux environnementaux ; en revanche, leurs cadrages des problèmes, leurs pratiques et leur rapport au temps sont souvent différents, avec une grande importance accordée au travail de subsistance et donc à une autre temporalité plus sensible à la dimension cyclique des choses et des saisons¹⁰. Ainsi, l'urgence écologique est intimement liée à la grande accélération qui, sous la plume de l'historien John McNeill, désigne l'amplification brutale depuis le milieu du XX^e siècle des flux de matières et d'énergie sur la planète liés aux activités humaines, notamment par la mondialisation, et tout particulièrement dans les pays dits développés¹¹. L'urgence, l'accélération : deux processus où la temporalité ordinaire se trouve bouleversée, participant d'une crise du temps dont Hartmut Rosa souligne la prégnance jusqu'à aujourd'hui¹² (*lire page 22*). L'urgence écologique induit ainsi l'idée qu'une réponse rapide serait nécessaire pour tout changer.

L'urgence écologique : à dépasser ou à redéfinir ?
35 ans après la fin de la guerre froide, il est frappant de constater que l'imaginaire issu de cette période demeure encore solidement ancré dans

nos sociétés. En témoignent les réflexions suscitées par la pandémie de Covid-19, les moyens mobilisés pour y faire face – dans une grande précipitation – et les espoirs que cette courte période soit la matrice d'un « monde d'après ». Pour autant, faut-il nécessairement rejeter le motif de l'urgence écologique en raison de sa généalogie ? D'autres problèmes se posent, plus fondamentaux. L'urgence écologique est réelle, mais sa réitération donne-t-elle prise sur les événements, comme ses promoteurs semblent le croire ? De fait, ces mises en garde supportent mal le passage du temps. Trivialement, d'aucuns pourraient avancer que proclamer l'urgence écologique, ce serait crier au loup jusqu'à ce que les villageois n'y croient plus. Un tel argument est évidemment à courte vue : les inondations de Valence (octobre 2024) ou les incendies de Los Angeles (janvier 2025) sont la manifestation, ici et maintenant, des catastrophes environnementales contre lesquelles les militantes et militants des années 1970 et des décennies suivantes mettaient en garde. Plus fondamentalement, et c'est peut-être l'une des raisons de ses difficultés, l'urgence écologique confronte plusieurs temporalités qui s'accordent mal entre elles. Les écosystèmes se dégradent avec une extrême rapidité, mais ces processus s'opèrent sur un rythme différent de la vie quotidienne d'un individu. Les effets des canicules marines en Méditerranée peuvent paraître progressifs pour un œil profane ; en revanche, pour un écosystème, de telles variations sont quasi inédites dans leur ampleur et leur rapidité, rendant impossible pour nombre d'espèces animales et végétales une adaptation à cette nouvelle donne environnementale. Le décalage entre ce qui est perceptible par les sens et l'importance des processus sous-jacents est renforcé par le phénomène d'amnésie environnementale (*shifting baseline syndrom*), un concept mis en évidence par Daniel Pauly et qui, une fois encore, met en jeu notre rapport temporel à la nature¹³. Ce biologiste marin démontre que les individus tendent à considérer que l'environnement qu'ils ont connu jeune adulte est normal : il constitue alors le point zéro à partir duquel leurs représentations se construisent. Ainsi, de jeunes pêcheurs s'alarmeront moins que leurs aînés des filets peu remplis qu'ils remonteront puisqu'ils n'auront jamais connu de périodes plus fastes. Pour reprendre un titre fameux, si l'on n'a jamais connu que des « prin-

temps silencieux¹⁴ », il est difficile de mesurer à quel point la disparition des oiseaux a été massive dans les territoires touchés par l'agriculture intensive. L'amnésie environnementale entrave donc notre capacité à mesurer la dégradation des écosystèmes ou encore l'érosion de la biodiversité. Deux temporalités sont alors en tension, et il n'est pas certain que le motif de l'urgence écologique – qui induit l'idée de catastrophe, d'un événement soudain et brutal – permette de concilier cette accélération et l'inertie des écosystèmes, des infrastructures et des modes de vie.

Est-ce à dire que le motif de l'urgence écologique est désormais inopérant et doit être délaissé au profit d'autres approches de la temporalité de la crise, qu'il s'agisse de l'adaptation graduelle sur le temps long ou de l'acceptation d'un inévitable effondrement ? Rien n'est moins sûr : l'urgence écologique demeure, et prendre des mesures immédiates reposant sur des données scientifiques – aujourd'hui dramatiquement menacées non seulement aux États-Unis mais dans le monde entier¹⁵ – est plus que jamais essentiel. Encore faut-il tenter de réconcilier les temporalités de l'action en articulant ce sentiment d'urgence à d'autres « écologies morales¹⁶ », d'autres rapports à l'environnement qui, loin d'être secondaires, sont l'une des conditions de la réussite de la transformation de nos sociétés. •

1. Numéro « Spécial écologie » du *Nouvel Observateur*, juillet 1972.
2. Edward Goldsmith *et al.*, *5 000 jours pour sauver la planète*, Éditions du Chêne, 1990.
3. Alain Grandjean, Jean-Marc Jancovici, *C'est maintenant ! 3 ans pour sauver le monde*, Seuil, 2009.
4. Message porté par une militante de Dernière Rénovation lors d'un *happening* interrompant un match du tournoi de tennis de Roland-Garros, le 3 juin 2022.
5. Morgan Meyer, « S'engager, bifurquer, désert. Pragmatique des critiques et sensibilités écologiques des élèves ingénieurs », 13 Working Papers Series, 22-CSI-01, décembre 2022.
6. Fairfield Osborn, *La Planète au pillage*, Payot, 1949.
7. William Vogt, *Road to Survival*, William Sloane Associates, 1948.
8. Donella Meadows, Denis Meadows *et al.*, *Les limites à la croissance*, Rue de l'Échiquier, 1972.

9. Joan Martínez Alier, *L'Écologisme des pauvres. Une étude des conflits environnementaux dans le monde*, Les Petits Matins/Institut Veblen, 2014.
10. Madeleine Sallustio, *À la recherche de l'écologie temporelle. Vivre des temps libérés dans les collectifs néo-paysans autogérés : une analyse anthropologique*, PUR, 2022.
11. John R. McNeill, *The Great Acceleration: An Environmental History of the Anthropocene since 1945*, Harvard University Press, 2016.
12. Hartmut Rosa, *Aliénation et accélération. Vers une théorie critique de la modernité tardive*, La Découverte, 2014.
13. Daniel Pauly, « Anecdotes and the shifting baseline syndrome of fisheries », *Trends in Ecology & Evolution*, n° 10, vol. 10, 1995.
14. Rachel Carson, *Printemps silencieux*, Wildproject, 2020 [1962 pour l'édition originale aux États-Unis].
15. L'administration Trump conduit depuis janvier 2025 une offensive contre les données scientifiques et le monde de la recherche (dans le domaine de l'environnement comme des sciences sociales), ce qui se traduit par la censure de projets de recherche, la suppression d'innombrables bases de données ou du financement fédéral de projets multilatéraux de lutte contre le changement climatique. Les conséquences d'une telle politique sont nombreuses. Lire par exemple Dorian Guinard, Sébastien Lavergne, « Les menaces sur les données scientifiques sont un risque pour les droits environnementaux », *Le Monde*, 1^{er} avril 2025.
16. Karl Jacoby, *Crimes Against Nature. Squatters, Poachers, Thieves, and the Hidden History of American Conservation*, University of California Press, 2014.



Une histoire des luttes pour l'environnement, Anne-Claude Ambroise-Rendu, Steve Hagimont, Charles-François Mathis, Alexis Vrignon, Textuel, 2021, 304 pages

En 2500, une Terre méconnaissable

« **Les décisions politiques actuelles ont des impacts sur le climat pendant des milliers d’années** »

texte Nina Guérineau de Lamérie

Alors que la vaste majorité des chercheurs s’arrêtent à l’étude du climat en 2100, une poignée de scientifiques plaide pour effectuer des modélisations allant bien au-delà, en 2500 voire en 3000. Se projeter aussi loin permettra, selon eux, l’adaptation des générations futures à une Terre complètement bouleversée et incitera les dirigeants du monde à s’accorder pour lutter contre la crise environnementale.

Dans un futur lointain, la luxuriante forêt amazonienne n’est plus qu’une terre sèche, aride. Un peu plus au nord, les plaines céréalières du Midwest américain, actuel grenier à blé du pays, ont laissé place à une agriculture subtropicale à base de palmiers à huile. Et de l’autre côté du globe, en Inde, les rizicultures n’ont pas résisté à la montée des températures. Dans les champs, les machines ont remplacé les paysans. Ces tableaux imaginant le climat en l’an 2500 ont été créés à partir d’une étude scien-

tifique publiée en 2021¹. Le visage de notre planète s’est transformé sous l’effet du réchauffement climatique. Les surfaces verdoyantes ont réduit comme peau de chagrin, les canicules mortelles ont obligé des millions de personnes à fuir les régions tropicales, et la montée des océans menace toujours plus les populations insulaires et les villes côtières. Malgré tout, un espoir subsiste dans ces peintures dystopiques, basées sur des projections réelles. « *Il y a encore beaucoup d’activités humaines. Aucun de*

nos résultats ne ressemble à quelque chose d’apocalyptique ou à une scène du film Mad Max, détaille Christopher Lyon, chercheur en biodiversité anthropocène au centre Leverhulme, à l’université de Cambridge en Angleterre, et co-auteur de l’étude. En Amazonie, par exemple, il y a de l’agriculture et de la production énergétique. Cela nous donne des pistes dans cet avenir qui nous semble très loin. » En effet, dans la communauté des climatologues et des paléontologues, rares sont ceux qui s’essaient aux projections climatiques sur le très long terme, c’est-à-dire après 2100. Pourtant, selon différents chercheurs interrogés, cet exercice de modélisation doit devenir la nouvelle norme.

C’est dans les années 1980 que les scientifiques ont commencé à évaluer le climat de 2100. À l’époque, cette date était considérée comme assez lointaine pour dresser des perspectives, d’autant que les modèles climatiques et la puissance de calcul ne permettaient pas d’aller au-delà de ce siècle. Depuis, peu de choses ont évolué. Le Groupe d’experts intergouvernemental sur l’évolution du climat (Giec), entre autres, s’arrête toujours à cette ligne d’horizon, alors qu’elle n’est plus qu’à 75 ans de distance. Un problème selon Christopher Lyon, car « *nous ne parlons plus de générations futures fictives, mais de personnes nées aujourd’hui qui seront encore vivantes en 2100. Il faut voir plus loin : le climat est un long processus qui change constamment*, poursuit-il. *Même avec une réduction rapide et importante des gaz à effet de serre, le changement climatique se poursuivra pendant des siècles.* » Pour le chercheur, nous devons réfléchir à ce que cela va signifier pour les personnes qui vivront en 2500, voire en 3000.

Des visions court-termistes en contradiction avec le temps long du climat

Un avis que partage la paléobiologiste Bethany Allen, spécialiste des facteurs de spéciation et d’extinction à l’échelle des temps géologiques à l’École polytechnique fédérale de Zurich, en Suisse : « *Il est dangereux de ne pas avoir d’idée précise de ce à quoi la Terre pourrait ressembler au-delà de la génération de nos enfants et de nos petits-enfants.* » D’après elle, les prévisions sur le très long terme sont précieuses et permettent de mieux aiguiller les dirigeants du monde dans la lutte contre la crise écologique. « *Mais cela reste difficile car les politiques travaillent sur des temporalités beaucoup plus courtes. Ils pensent aux cinq années de leur mandat plutôt qu’aux 100 ans à venir* », regrette la chercheuse. Ces visions court-termistes entrent en contradiction

avec le temps plus long des changements climatiques. Que cela soit pour les océans, la végétation ou les événements météorologiques extrêmes, l’ampleur des dégâts provoqués par les activités humaines ne sera perceptible que dans plusieurs centaines d’années.

« *Les décisions actuelles auront des impacts à très long terme, dont souffriront de nombreuses générations* », appuie Andrew King, chercheur en sciences du climat au Centre d’excellence ARC à l’université de Melbourne (Australie). En 2024, celui-ci a co-mené des simulations sur 1 000 ans avec, pour chacune d’entre elles, des scénarios d’arrêt des émissions mondiales en 2030, en 2050, puis en 2060. Pour ce faire, son collègue et lui se sont basés sur des modèles informatiques reconnus mondialement, reproduisant le plus fidèlement le climat planétaire. En Australie, le plus utilisé est l’*Australian Community Climate and Earth System Simulator*. « *Ces modèles sont comme des expériences de laboratoire permettant aux climatologues de tester leurs idées*, reprend le scientifique. *Ils sont alimentés par des informations sur les émissions de CO₂, qu’ils utilisent ensuite pour prédire l’impact sur le mouvement de l’air et des océans, ainsi que sur le transfert de carbone et de chaleur au fil du temps.* »

Des méthodes de calcul similaires à celles développées au Centre national de recherches météorologiques à Toulouse, ou au sein de l’Institut Pierre-Simon-Laplace à Paris. Les conclusions des différentes simulations, diffusées durant l’automne², sont sans équivoque : atteindre la neutralité carbone ces prochaines décennies n’arrêtera pas la course du changement climatique. Au contraire, « *le climat continuera d’évoluer pendant de nombreux siècles, et ce, (...) même si la neutralité carbone était maintenue pendant 1 000 ans* », peut-on lire dans le rapport. Et les auteurs de prévenir : plus la neutralité carbone sera atteinte tardivement, plus les conséquences seront terribles. Les océans seraient les premières victimes de l’inaction. Toujours selon leurs conclusions, si la température moyenne sur Terre n’augmentera que légèrement, les océans se réchaufferont et s’acidifieront fortement pendant plusieurs siècles d’affilée, avec des conséquences dramatiques sur la faune et la flore marine.

Sans limitation du CO₂, la banquise arctique pourrait disparaître durant l’été

« *Même un simple retard de cinq ans aurait un impact dans un millier d’années* », alertent Andrew King et Tilo Ziehn. Un mécanisme qui vaut aussi bien pour

les pôles Nord et Sud, où la banquise et les glaciers fondent à un rythme plus rapide que celui formulé par les prévisions climatiques³. L'Arctique est particulièrement touché : presque un quart de la masse glaciaire s'évapore chaque décennie, selon le Giec. Entre 1979 et 2019, la superficie estivale de la banquise arctique a diminué d'environ 40 % et la perte annuelle de glace (perte de volume de glace flottante) a augmenté, avec des années particulièrement exceptionnelles de fonte accélérée, comme en 2012, où la banquise a atteint son plus bas niveau historique en superficie, selon le Giec et le NASA's *National Snow and Ice Data Center*. D'après Andrew King, la banquise et les glaciers de l'Arctique pourraient toutefois encore être sauvés en stabilisant les émissions de CO₂. De même pour le Groenland, territoire autonome situé entre l'Atlantique Nord et l'océan Arctique, qui perd 30 millions de tonnes de glace par heure. Pour l'Antarctique, l'avenir est tout aussi sombre. Même si l'objectif de zéro émission nette est atteint, la banquise et les glaciers de l'Antarctique occidental, extrêmement vulnérables, continueront de diminuer. « Pour le moment, les glaciers se retirent d'un kilomètre par an, soit la vitesse de recul la plus rapide au monde », rappelle dans une interview Eric Rignot⁴, glaciologue spécialiste de l'observation des calottes polaires par satellite, professeur à l'université de Californie à Irvine. En cause : le lent réchauffement continu de l'océan Austral autour de ce bassin glaciaire. Selon les scientifiques, ces retraites glaciaires pourraient être irréversibles. Pourtant, ces milieux polaires, en réfléchissant les rayons du soleil vers l'atmosphère, sont indispensables à la régulation du climat. Sans eux, « la planète absorbera davantage de rayonnement solaire et, par conséquent, entraînera un réchauffement légèrement plus important », rappelle Andrew King. La déstabilisation des glaciers entraînera inéluctablement une rapide montée du niveau de la mer. « Si l'on se projette dans quelques siècles, les prévisions parlent d'une augmentation d'une dizaine de mètres (pour la calotte glaciaire de l'Antarctique occidentale, ndlr), ce qui veut dire que des villes du monde entier seront sous l'eau. Un milliard de personnes seront affectées », énumère le paléontologue Jean Jouzel, co-auteur de la première étude établissant le lien entre la concentration de CO₂ dans l'atmosphère et le réchauffement climatique⁵. Pour l'Antarctique oriental, certains secteurs pourraient engendrer « une élévation de 12 mètres, chiffre Eric Rignot. C'est le scénario catastrophe. » Actuellement, les

estimations scientifiques prévoient que la fonte totale de la calotte glaciaire du Groenland pourrait entraîner une élévation du niveau de la mer d'environ 7 à 8 mètres. De même, la fonte des glaciers de montagne (Alpes, Himalaya, Andes, etc.) pourrait contribuer à une élévation de l'ordre de 0,5 à 1 mètre. Par ailleurs, le réchauffement des océans, provoquant une dilatation thermique⁶, pourrait aussi élever le niveau de la mer de 0,3 à 1 mètre d'ici 2100, selon le Giec. De nombreux coins de la planète deviendront aussi invivables à cause de températures devenues suffocantes et de la répétition des sécheresses. « D'ici 2500, beaucoup de personnes seront obligées de migrer, perdront leur logement, détaille Bethany Allen. En Inde, les températures pourraient atteindre un point insupportable pour le corps humain, du moins sans aide technologique. Il deviendra impossible de cultiver suffisamment de nourriture pour tout le monde. Et lorsque la nourriture, mais aussi l'eau, se raréfient, on se trouve confronté à des problèmes géopolitiques, à des guerres... ce qui aggrave la situation. » Seul l'hémisphère Nord devrait échapper à une modification trop importante de son climat, selon les chercheurs interrogés. Enfin, la végétation sera forcée de s'adapter : les arbres craignant les fortes chaleurs devraient, eux aussi, se déplacer vers le nord. « Dans 500 ans, jusqu'à 40 % des sols verront leur flore changer, ce qui est vraiment énorme », déroule Bethany Allen, qui a mené une étude spécialement sur ce sujet⁷.

Vers de rares endroits où il fera bon vivre ?

Ces bouleversements majeurs sont dépeints dans des simulations (très) optimistes, où les gouvernements mondiaux s'allient pour endiguer la crise environnementale. Même les chercheurs estiment que l'objectif de neutralité carbone en 2030 semble désormais inatteignable. « Pour être honnête, je ne pense pas que ce soit le cas d'ici 2050 non plus. Cela souligne l'urgence et l'immense tâche qu'il nous reste à accomplir, souffle Andrew King. Si je devais refaire l'étude, j'ajouterais probablement des simulations de neutralité carbone vers 2070 ou 2080, ce qui est sûrement plus proche de la réalité. » De leur côté, dans leur étude, Christopher Lyon, Bethany Allen et une dizaine d'autres scientifiques se sont appuyés sur trois scénarios d'atténuation (faible, moyen et fort) des émissions mondiales de gaz à effet de serre.

En parallèle, ceux-ci ont modélisé « la répartition de la végétation, le stress thermique et les conditions de croissance des principales cultures actuelles, afin d'avoir une idée des défis environnementaux auxquels les enfants d'aujourd'hui et leurs descendants pourraient devoir s'adapter à partir du XXII^e siècle », explique Christopher Lyon. Les résultats font froid dans le dos. Si nous ne parvenons pas à enrayer le réchauffement climatique, les 500 prochaines années et au-delà « transformeront la Terre d'une manière qui remettra en question notre capacité à préserver de nombreux éléments essentiels à notre survie, en particulier dans les cultures historique-ment et géographiquement ancrées qui nous donnent sens et identité », présentent les auteurs. Les endroits « où il fera bon vivre » se feront plus rares, détaille Jean Jouzel.

« La Terre a connu de nombreuses périodes de changement par le passé. Depuis l'apparition de formes de vie, celles-ci n'ont jamais complètement disparu, même lors des extinctions massives », développe Christopher Lyon. Une affirmation validée par ses deux pairs, Andrew King et Bethany Allen. « Les conséquences du changement climatique sont vraiment néfastes, mais pas mal de régions de la planète devraient rester habitables. Nous n'assisterons pas à la fin de la civilisation », estime le premier. Et la seconde de préciser que les modèles climatiques « prédisent que, même si l'on continue à émettre comme aujourd'hui, le système terrestre atteindra un nouvel équilibre, c'est-à-dire qu'il trouvera un moyen d'absorber une partie du dioxyde de carbone, vers 2300⁸. Mais ce n'est pas complètement une garantie », prévient Bethany Allen. Ces paroles ne doivent pourtant pas nous inviter à nous reposer sur nos lauriers, mettent en garde les chercheurs, car ce qui est « prévisible est déjà terrible », s'inquiète Jean Jouzel.

Au contraire, l'urgence est « que nous atteignions la neutralité carbone le plus rapidement possible, revient Andrew King. Mais il ne faut pas considérer l'objectif zéro émission nette comme un objectif ultime, car le climat continuera d'évoluer au-delà. Nous devons aussi continuer à nous adapter à l'élévation du niveau de la mer, à la diminution des glaces, etc. » Cela signifierait, à terme, moins de bouleversements climatiques à anticiper. Mais les scientifiques ne sont pas très optimistes. Avec l'arrivée de Donald Trump à la Maison-Blanche, « les espoirs d'arriver à tenir les accords de Paris, soit à ne pas dépasser 2 °C de réchauffement mondial, sont ruinés », désespère Jean Jouzel. « Le climat est mis de côté, loin derrière les enjeux de sécurité mondiale, qui sont évidemment inquiétants, abonde

Christopher Lyon. *Je crains vraiment que nous nous perdions en cours de route, ce qui mettrait l'humanité en grande difficulté. » •*

1. Christopher Lyon, Bethany Allen *et al.*, « Nos projections climatiques pour l'an 2500 montrent que la Terre sera inhospitalière pour les humains », *The Conversation*, 18 octobre 2021.
2. Andrew King, Tilo Ziehn, « Earth's climate will keep changing long after humanity hits net-zero emissions. Our research shows why », *The Conversation*, 30 octobre 2024.
3. Il y a quelques décennies, les modèles climatiques anticipaient des taux de fonte plus lents et des scénarios de réchauffement moins graves. Dans les années 1990, les prévisions indiquaient par exemple que la banquise arctique pourrait survivre jusqu'à la fin du XXI^e siècle. Dans son rapport de 2007, le Giec formulait pour la première fois une prévision de disparition de la banquise estivale avant 2100... Quand ses derniers rapports pointent le risque de voir disparaître la banquise certaines années en été à partir de 2050. Pour la banquise arctique comme pour les glaciers, les observations récentes montrent que la fonte se produit en effet à un rythme beaucoup plus rapide que prévu.
4. « Pourquoi l'effondrement de l'Antarctique va changer nos vies ? », *Greenletter Club*, épisode 135, entretien avec Eric Rignot, janvier 2025.
5. J. Jouzel, C. Lorius, J.R. Petit *et al.*, « Vostok ice core: a continuous isotope temperature record over the last climatic cycle (160,000 years) », *Nature* 329, 403–408 (1987).
6. Le réchauffement des océans accélère le mouvement des molécules d'eau, provoquant une dilatation thermique et, par conséquent, une élévation du niveau de la mer, car l'eau chaude occupe un volume supérieur à l'eau froide.
7. Bethany J. Allen, Daniel J. Hill *et al.*, « Projected future climatic forcing on the global distribution of vegetation types », *Royal Society Publishing*, 2024.
8. Les modèles climatiques suggèrent que, même si les émissions de CO₂ continuent au rythme actuel, le système terrestre pourrait finir par atteindre un nouvel équilibre, vers 2300, grâce à plusieurs mécanismes naturels : séquestration de carbone par la végétation, réactions chimiques des roches et des sols (processus de carbonatation transformant le CO₂ en minéraux), évolution des écosystèmes et des cycles biologiques, etc. Voir Edmond A. Mathez et Jason E. Smerdon, *Climate Change: The Science of Global Warming and Our Energy Future*, Columbia University Press, 2018.

Forêts françaises et régénération assistée, une réponse adaptée ?

texte Agnès Nabat

Face au dérèglement climatique, certains massifs forestiers ne parviennent pas à se renouveler ni à s'adapter assez rapidement. Ce défi oblige les spécialistes à inventer de nouvelles méthodes de gestion des forêts : mélanger les espèces plantées sur des mêmes parcelles, faire « migrer » les arbres et diversifier leur patrimoine génétique... Autant d'outils d'une gestion dite adaptative, qui doit repenser les pratiques des générations passées.

Les forêts prises de vitesse par le changement climatique

Les services écologiques, économiques et culturels offerts par les forêts sont aujourd'hui fragilisés par le dérèglement climatique. Avec la multiplication des sécheresses, des incendies et des tempêtes, les forêts ont du mal à se régénérer. Combinés à l'intensification des échanges commerciaux internationaux, ces phénomènes extrêmes favorisent également la prolifération de ravageurs qui menacent encore plus leur capacité de résistance : depuis 2018, 110 000 hectares d'épicéas et de sapins ont par exemple été déci-

més par les scolytes¹. « Pour s'adapter à ces nouvelles conditions, les forêts sélectionnent les arbres les plus résistants génétiquement, mais cela se fait sur plusieurs générations », explique Denis Loustau, directeur de recherches, chargé de mission à l'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (Inrae). Or, une génération pour un arbre, c'est une cinquantaine d'années. Aujourd'hui, le changement climatique se fait à une telle vitesse que les écosystèmes forestiers n'ont plus le temps de s'adapter. » Résultat : le taux de mortalité des arbres en France a doublé en dix ans, ce qui a

divisé par deux la capacité des forêts françaises à séquestrer du carbone sur la même période². Pour permettre aux forêts de s'adapter, scientifiques et gestionnaires forestiers vont avoir un grand rôle à jouer. Parmi les solutions envisagées, émerge la « gestion durable des forêts », une expression relativement récente mais qui recouvre une réalité beaucoup plus ancienne.

Une gestion durable qui doit évoluer

Depuis le Moyen Âge, les forêts sont au cœur de la vie économique et sociale du pays : elles nourrissent les animaux d'élevage, alimentent les artisans en bois et fournissent des fagots pour la cuisson. Elles constituent aussi le terrain de chasse des seigneurs et du roi³. C'est de cette façon que le pouvoir royal prend conscience des dégradations provoquées par la domestication des forêts et impose une gestion plus durable de la ressource en bois. Dès 1346, l'ordonnance de Brunoy stipule ainsi que la forêt ne doit pas être exploitée plus qu'elle ne peut produire⁴. Sous Louis XIV, Jean-Baptiste Colbert planifie même les coupes pour éviter qu'une exploitation trop intensive de la forêt – notamment à des fins militaires – empêche sa régénération (*lire page 59*).

Cette gestion durable, entérinée notamment par le code forestier de 1827, doit aujourd'hui être repensée à l'aune d'un dérèglement climatique imprévisible. « On ne connaît pas le scénario climatique des 50 à 100 années à venir, donc on ne sait pas à quels problèmes la forêt devra faire face demain », souligne François Lefevre, chercheur à l'Inrae dans l'unité Écologie des forêts méditerranéennes.

Ces incertitudes sont problématiques pour des gestionnaires forestiers qui planifient leurs actions sur des dizaines d'années, voire sur le siècle à venir. Ils doivent donc mettre en place une gestion forestière mouvante, dite adaptative. « On a compris que faire comme nos grands-parents ne fonctionnerait pas. À cause de l'imprévisibilité du dérèglement climatique, il faudra modifier la gestion au fur et à mesure, et accepter que dans 30 ans, on ne fera pas la même chose qu'aujourd'hui », explique Denis Loustau.

Cartographier les besoins

Avant d'agir pour adapter la forêt, il est donc nécessaire d'observer et de diagnostiquer les conséquences d'un climat qui change. L'Office national des forêts (ONF) s'appuie sur des outils comme le réseau Renecofor, qui suit depuis 33 ans la réaction physiologique des arbres aux bouleversements environnementaux en évaluant la qualité des sols

sur 102 zones forestières. Comme autre outil, on peut citer l'inventaire publié par l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN), qui est capable de fournir des statistiques précieuses grâce à des mesures faites sur 15 000 placettes⁵ concernant la nature des sols, les essences présentes, les bois morts, l'accroissement des individus, la répartition des espèces, etc. Depuis 2022, l'IGN publie un atlas de l'Anthropocène dont une partie est consacrée au suivi des espaces forestiers en carte. « Dans certaines forêts, seuls quelques arbres sont dépérissants ; dans d'autres, les dégâts sont plus importants. Il faut cartographier les difficultés pour savoir si on intervient, dans combien de temps et comment. L'objectif est d'agir de façon graduelle et proportionnée », explique Erwin Ulrich, pilote de la mission « Adaptation des forêts au changement climatique » de l'ONF.

Mélange d'essences et futaie irrégulière

En France, la plupart des forêts sont composées d'une seule essence d'arbre principale, car cela en facilite la gestion. L'une des solutions envisagées par la gestion adaptative consiste à planter non pas une mais deux, trois, voire quatre espèces différentes dans une même forêt. Si ces nouvelles préconisations occasionnent des coûts supplémentaires⁶, « cela permet de ne pas mettre tous nos œufs dans le même panier et d'avoir une forêt plus résiliente », résume Erwin Ulrich. Par exemple, les peuplements initialement purs de hêtres en forêt domaniale de Haye près de Nancy sont enrichis avec du chêne sessile de la région, du tilleul et de l'érable sycomore.

Plusieurs programmes de recherche de l'Inrae explorent l'impact de ce mélange d'essences sur la capacité des forêts à résister aux aléas climatiques. C'est le cas du dispositif OPTMix (*Oak Pine Tree Mixture*) en forêt domaniale d'Orléans. Sur 40 hectares, Nathalie Korboulewsky et son équipe étudient les conséquences du mélange de chêne sessile et de pin sylvestre sur le fonctionnement du massif forestier (bilan hydrique, régénération, biodiversité, croissance du peuplement). Cette expérimentation a montré que le mélange d'espèces permet aux forêts de mieux résister aux attaques de pathogènes et d'insectes. En revanche, le bilan est moins bon en ce qui concerne la résistance à la sécheresse. « Ce n'est donc pas la solution miracle à laquelle certains s'attendaient il y a dix ans », confie Nathalie Korboulewsky, la responsable scientifique du dispositif.

Autre problème : pour maximiser leur rendement, les gestionnaires forestiers ont tendance à favoriser

la futaie régulière, une méthode qui consiste à planter sur une parcelle des arbres du même type et du même âge, et de tous les couper en même temps quand ils arrivent à maturité. Mais avec le changement climatique, la prédominance de cette technique est, elle aussi, remise en cause. « *Il est indispensable d'avoir des arbres de taille et d'âge différents pour limiter les coupes rases. Cette méthode qu'on appelle la futaie irrégulière permet de maintenir un couvert forestier qui fonctionne comme une protection en cas de sécheresse ou de canicule. Cela rend les forêts moins vulnérables* », avance Erwin Ulrich. L'ONF prévoit aussi de créer des espaces de protection intégrale, c'est-à-dire des zones exemptes de toute intervention pendant plusieurs décennies. Le but : offrir à la biodiversité la possibilité de s'adapter sans une pression humaine qui s'ajoute à la pression du changement climatique. L'impact de ces zones de protection intégrale est cependant à relativiser, l'ONF ne gérant que 25 % des forêts françaises. Les deux tiers restants appartiennent à des propriétaires privés, qui ne savent pas toujours comment réagir face au dérèglement climatique⁷ mais bénéficient des conseils du Centre national de la propriété forestière (CNPf).

Pas de solution miracle, mais une myriade de solutions

Devant la complexité de la situation, chercheurs et gestionnaires de forêts multiplient les expérimentations. Une autre piste consiste par exemple à planter des essences d'arbres de régions chaudes ou sèches dans des zones plus froides. Une façon d'aider une espèce à se déplacer hors de son aire géographique naturelle vers des habitats qu'elle n'a pas encore colonisés, mais qu'elle serait susceptible de peupler naturellement dans plusieurs décennies. C'est ce que l'on appelle la « migration assistée ». « *Les essences forestières présentes en France peuvent migrer, au mieux, de 20 km tous les dix ans. Or, le changement climatique exige de faire un saut de 200 à 300 km dans les décennies à venir. Donc on doit aider les espèces à migrer plus vite et plus loin qu'elles ne pourraient le faire elles-mêmes* », explique Erwin Ulrich. Par exemple, dans des chênaies pédonculées du Grand Est, on commence à planter du chêne sessile et du chêne chevelu qui viennent du sud de la France, voire du pin noir en provenance d'Autriche ou de Corse. « *La difficulté, pour ces migrations assistées, explique François Lefèvre, est de trouver des arbres tolérants aussi bien aux sécheresses – qui vont se multiplier dans les années à venir – qu'au gel qui sévit encore aujourd'hui.* » La solution consiste à conserver des arbres, sur une même parcelle, avec une diversité génétique suffisante. En fonction de son patrimoine

génétique, une même espèce d'arbres peut en effet réagir différemment à la température ou aux attaques d'insectes. Un chêne avec un certain patrimoine génétique pourra mourir sous la sécheresse tandis qu'un autre survivra. En revanche, celui qui supporte mal la sécheresse pourra mieux supporter certaines maladies. « *Dans les décennies à venir, des maladies que l'on ne connaît pas risquent d'apparaître. On ne peut pas savoir quels arbres y résisteront le mieux. Préserver une diversité génétique au sein d'une même espèce est une assurance pour l'avenir* », complète François Lefèvre.

Modélisation

Le problème avec les expérimentations que mènent les chercheurs aujourd'hui, c'est qu'il faut attendre au moins 25 à 30 ans pour obtenir des résultats significatifs. Des décisions stratégiques doivent pourtant être prises beaucoup plus rapidement. D'où la nécessité de s'appuyer sur des outils de modélisation, comme la plateforme Forêts-21, développée entre autres par l'Inrae et l'ONF. Grâce à un modèle prédictif appelé GO+⁸, cette interface permet de simuler la croissance des arbres sur des dizaines, voire sur une centaine d'années. « *On fait pousser virtuellement des arbres sur un ordinateur en leur imposant des perturbations, comme une sécheresse ou une canicule, et on regarde combien de carbone la forêt a stocké, combien de bois de qualité elle a produit* », explique Denis Loustau, qui a mis au point cette plateforme avec une équipe de chercheurs et d'informaticiens. Mais Erwin Ulrich, de l'ONF, préfère prévenir : la gestion adaptative ne permettra pas forcément de maintenir une forêt aussi productive qu'aujourd'hui⁹. Pour lui, « *il faut faire évoluer la forêt française et accepter que les nouvelles essences choisies n'auront pas la même croissance que celles d'aujourd'hui. La résilience doit l'emporter sur la productivité, notre objectif premier doit être de maintenir nos forêts en bonne santé.* » Selon un rapport de l'Académie des sciences, la productivité des forêts diminue depuis 2010, une tendance amenée à se poursuivre dans les décennies à venir avec le dérèglement climatique¹⁰. •

1. « Plan national d'actions "scolytes et bois de crise" », site du ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire, 9 janvier 2025.
2. « Changement climatique : une stratégie de résilience pour les forêts publiques », site de l'Office national des forêts (ONF).
3. Francis Lecompte, « Dix-mille ans d'histoire de la forêt », CNRS Le Journal, 12 août 2024.
4. « La forêt française ? L'héritage d'une gestion forestière pluricentenaire », site de l'ONF.

5. Une placette est une surface délimitée et localisée avec précision, dans laquelle des inventaires de végétation sont effectués.
6. « Avec une diversité d'essences qui augmente, les coûts augmentent, car il faut trouver les graines d'essences plus variées (aussi à l'étranger), il faut gérer un flux global plus varié et aussi des risques de production plus variés. Mais en principe, le gestionnaire forestier accepte cette situation. L'objectif est de réussir l'adaptation », explique Erwin Ulrich.
7. « Les propriétaires sont bien conscients du changement climatique, certains observent déjà son impact sur leurs forêts, observe Julie Thomas, ingénieure en socio-économie au CNPF, mais 84 % d'entre eux n'ont pas modifié leurs pratiques sylvicoles ou n'envisagent pas de le faire d'ici cinq ans », extrait de l'article « Quelles politiques publiques pour des forêts privées ? », Ressources, la revue d'Inrae, avril 2022.
8. Pour en savoir plus, consulter forets21.inrae.fr/pelican3.1/GOplus

9. « Les épisodes de sécheresse affectent également la croissance des arbres. Ainsi, en dix ans, la baisse de production biologique brute est estimée à 4 %, représentant une perte de 3,7 Mm³/an en moyenne. Enfin, dans la même période, le volume de prélèvement a augmenté de 20 %, soit une hausse de 8,6 Mm³/an en moyenne, du fait d'une hausse de la demande et des coupes sanitaires inhérentes au développement d'organismes pathogènes. La combinaison de la baisse de croissance (production biologique brute), de la mortalité accrue et de l'augmentation des prélèvements se traduit par une réduction du gain annuel en forêt au cours de la dernière décennie ; il est ainsi passé de 41,7 Mm³/an à 25,4 Mm³/an. » Extrait de la note d'analyse « Vers une planification de la filière forêt-bois », France Stratégie, juillet 2023.
10. « Les forêts françaises face au changement climatique », rapport du Comité des sciences de l'environnement de l'Académie des sciences et points de vue d'académiciens de l'Académie d'agriculture de France, juin 2023.

Les coupes franches de Colbert et l'ordonnance de 1669

Dans la seconde moitié du XVII^e siècle, Jean-Baptiste Colbert, ministre de Louis XIV, met en place une série de réformes dans le but de garantir une gestion durable des ressources forestières, notamment pour répondre aux besoins de la construction navale et militaire. Elle va modifier en profondeur le paysage forestier français. Pendant son règne, Louis XIV décide de la création d'une marine royale car il ne veut plus dépendre de ses voisins pour la fourniture de ses navires de guerre. Mais pour y arriver, il faut du bois : la construction d'un grand vaisseau nécessite d'abattre jusqu'à 4 000 chênes centenaires. C'est à ce moment-là que l'État français prend conscience du caractère hautement stratégique de cette ressource, dont la production n'est ni maîtrisée ni uniformisée sur le territoire. Le ministre Colbert décide alors de réformer la gestion des forêts royales, dont l'administration a été perturbée par la succession des guerres de religion à la fin du XVI^e siècle. « *Le désordre qui s'était glissé dans les Eaux et Forêts de notre royaume fut si universel et si invétéré que le remède en paraissait presque impossible* », est-il écrit en préambule de l'ordonnance historique. Cette ordonnance, préparée par Colbert et promulguée par le roi en 1669, va rationaliser l'exploitation des 13 millions d'hectares de forêts. Dans cette perspective, Colbert cartographie le domaine royal et lance l'inventaire des droits que possèdent les riverains. La liste des abus, usurpations et délits commis dans les forêts est dressée. Une partie des officiers forestiers, jugés incompetents, est révoquée. De grandes allées sont tracées pour faciliter l'exploitation forestière. À l'issue de ces réformes, la Couronne réintègre près de 35 000 hectares pour mieux contrôler leur exploitation. Les coupes sauvages sont interdites, le stock d'arbres contrôlé. La forêt commence à être exploitée selon le « taillis sous futaie », un mode de gestion qui permet de produire de façon intensive un bois de qualité, en réalisant des coupes franches (ou coupes rases). Mais l'ordonnance ne perd pas de vue que les ressources en bois doivent être préservées, un certain nombre d'arbres par arpent doit donc être laissé au repos pour permettre à la forêt de se régénérer. De grands chênes destinés au bois d'œuvre sont préservés pour être abattus bien plus tard. L'ordonnance de Colbert reste en vigueur pendant un siècle et demi, inspirant fortement le Code forestier de 1827 qui, sous une forme amendée, existe toujours à l'heure actuelle. Les arbres plusieurs fois centenaires qu'abritent encore les forêts de Tronçais dans l'Allier et de Bercé dans la Sarthe sont une relique de cette politique qui a rationalisé l'usage des forêts. •

Dettes constructives

L'architecture à l'épreuve de l'entropie

texte et illustrations Raphaël Ménard

Pour Auguste Perret, « *l'architecture, c'est ce qui fait de belles ruines* ». Comme les êtres vivants, les constructions sont soumises aux lois du temps. Comment appliquer celles de la thermodynamique au « code construit » de l'architecture pour lui donner une nouvelle légèreté ?

Commençons par une expérience de pensée : la construction d'une maison. Le chantier vient de finir. L'architecture est élégante, les finitions de qualité, les détails soignés. Pendant des mois, pour bâtir cet édifice, les artisans ont patiemment ordonné les matériaux suivant les plans du maître d'œuvre. À présent, les habitants vont prendre possession des lieux. Le chronomètre, celui qui va échelonner l'usure de cette construction, est enclenché. Livraison, remise des clés : top départ, le temps commence son œuvre. Petit à petit, çà et là, le désordre sapera les qualités de l'édifice : la peinture qui s'écaille, le bardage qui s'élime, la serrurerie qui se corrode... Un rythme de dégradation qui sera propre à cette maison.

Le métronome de l'usure

Sa trajectoire d'obsolescence se conclura par la ruine ou par la démolition. Ainsi va la flèche du temps : le passage discret, régulier, impitoyable de la faux du désordre. Selon l'exposition aux éléments (intempéries, cycles de gel-dégel, l'eau et ses débordements, mouvements de terrain, séismes) ; selon les frottements des usages (chaussures limant les marches de l'escalier, ouvertures-fermetures quotidiennes des volets) ; selon le vieillissement de chaque matériau (joints en caoutchouc qui durcissent, métaux ferreux qui rouillent) ; au gré des passages au vivant (champignons, insectes, rongeurs, déjections d'oiseaux) ; au rythme des expositions (ultraviolets, oxygène de l'air) : tout sera usure.



↑ Zone d'exclusion de Tchernobyl, Smaragd/Emerald, ancien camp d'été, novembre 2017 © Jorge Franganillo

Architecture et irréversibilité

L'architecture vit tel un corps, fabriqué par le vivant, usé par le temps. La livraison signale le départ, puis la perte progressive du « code construit ». Ce moment est l'apothéose avant la lente dissolution de l'ordonnancement. Cette abrasion, celle de la flèche (lime ?) du temps, pourra être retardée par le soin apporté à l'édifice : entretien régulier, maintenance des systèmes techniques, etc. Cet article tentera d'établir un pont entre architecture et thermodynamique, discipline de l'irréversibilité. Il s'attachera à esquisser la nature des échanges entre ordre et désordre pour une construction. Système ouvert, l'édifice échange de l'entropie avec son environnement en captant de l'ordre dans les ressources et dans le flux solaire. Ce sera l'une des clés de la longévité et nous y reviendrons plus loin.

Le déclin de l'ordre bâti

Comment mesurer la descente vers le désordre ? Comment estimer par exemple le vieillissement d'un bunker sans entretien ? Comment calibrer la dégradation de la ville ukrainienne de Prypiat, cité fantôme depuis 1986 après la catastrophe de Tchernobyl ? Hors de ces situations d'abandon, on pourrait estimer l'effort de guerre nécessaire pour lutter face aux ravages du temps : par le truchement de l'économie, on suivrait les dépenses d'entretien ; les temps humains aussi, valorisés économiquement ; le tout corrigé en devise constante.

Au-delà d'une approche comptable, à savoir l'argent dépensé chaque année pour entretenir l'édifice, saurait-on mesurer l'usure sans la tutelle de l'économie, sans les béquilles des flux monétaires ? Comment estimer la dégradation des choses ? Sur le cycle de vie global, comment mettre en balance la dette écologique d'une construction au regard de son usure ? Comment mieux investir (écologiquement parlant) en intégrant d'un côté les limites planétaires, et de l'autre, l'inconstance des usages et l'incertitude du futur ?

Quelques usures

L'usure d'une montagne

Avant d'essayer de rapprocher économie et thermodynamique, l'astrophysicien Hubert Reeves, dans son livre *Poussières d'étoiles* (1988), nous propose une mise en perspective cosmique en confrontant forme géologique, usure anthropique et durée astronomique. Il rappelle la légende d'un moine bouddhiste qui, chaque siècle, frotte le sommet du mont Everest avec son mouchoir de soie. Par ce geste régulier, le temps nécessaire pour que la montagne soit entièrement érodée correspondrait à peu près à l'âge estimé de l'univers, plus de 13 milliards d'années. Le souffle de l'usure conduit inexorablement à la disparition des formes, y com-

pris les plus robustes. Aujourd’hui, le dérèglement climatique génère une érosion accélérée des reliefs naturels et engendre des dégradations violentes et brutales des territoires. Rappelons-nous les incendies de Los Angeles aux États-Unis ou les inondations à Valence en Espagne.

L'usure d'une voiture

À l'échelle de nos vies, dans des situations plus ordinaires, nous sommes confrontés à l'estimation de l'usure des choses. Celle par exemple d'une voiture d'occasion dont la valeur est fortement dépendante du kilométrage, et dans une moindre mesure du millésime. Un mix entre l'usage (la distance parcourue) et la vétusté (points de rouille du châssis, craquelures des durites). Évidemment, les preuves d'attention (carnet de révision complet, stationnement abrité, conduite non brusquée) sont autant d'informations valorisant l'état de santé du véhicule. Pour d'autres biens, comme les appareils photo, le compteur du nombre de déclenchements est l'un des paramètres pour estimer la cote d'un boîtier de seconde main : son indicateur kilométrique en quelque sorte, son compteur d'usages.

f(énergie, matière, information) = € ?

En amont de l'usure, lorsque nous fabriquons ou construisons, nous empruntons un capital écologique pour des usages futurs : des ressources, des consommations d'énergie, des impacts sur les écosystèmes. L'économiste Thomas Piketty rappelle : « *Mieux comptabiliser le capital naturel est un enjeu central. La dégradation du capital naturel est un risque autrement plus sérieux que tout le reste. Cela est la véritable dette.* »

Cet enjeu macro-économique se transpose à plus petite échelle. Moderniser sa maison, bâtir une infrastructure, réparer sa voiture : cela réclame des composants (une fenêtre, des banches de coffrage, un pot d'échappement) ; des matériaux (verre, sable, métaux) ; des consommations d'énergie liées à ces processus matériels : extraire, déplacer, transformer, mettre en œuvre la matière (ce que l'on appelle l'énergie grise). Ces processus réclament du temps : des prestations intellectuelles (maîtres d'œuvre par exemple), des savoir-faire des artisans, industriels, logisticiens, etc. L'agrégation de tout cela, cette consolidation d'énergie, de matières et d'informations est synthétisée dans une métrique très usuelle : l'argent. Pour la reconstruction de Notre-Dame de Paris, nous retenons les 800 millions d'euros qui ont été dépensés pour les travaux ; moins la masse totale des poutres en chêne (et de bien d'autres

matériaux) ; ni le cumul des temps humains investis ; ni les dépenses énergétiques nécessaires pour scier, transporter, ordonnancer les composants ressuscitant la cathédrale.

Petite thermodynamique de l'architecture

Le code de la civilisation thermo-industrielle

Avant de mettre économie et thermodynamique autour de la table, un court rappel est nécessaire. La thermodynamique est une branche relativement récente de la physique. Elle étudie le comportement thermique des corps et les mouvements de chaleur. Cette discipline a connu son essor au cours du XIX^e siècle, savoir fort utile à la mise au point des machines thermiques et pour la chimie industrielle. Cette branche, qui a théorisé la notion d'irréversibilité, a entraîné l'histoire dans sa spirale thermo-industrielle. En effet, en 200 ans, la consommation d'énergie a été multipliée par 30 ; l'extraction de ressources au moins par 15 tandis que nous sommes huit fois plus nombreux. Parmi les contributions scientifiques majeures des Carnot, Clausius, Gibbs, Kelvin, Boltzmann, on retient le brevet de la machine à vapeur par Watt (1784), considéré par certains historiens de l'environnement comme l'an zéro de l'Anthropocène. Voilà comment quelques bits d'information (le brevet et les savoirs associés) sont capables d'engendrer une avalanche de consommation d'énergie et d'extraction de matières.

Entropie et rangement de chambre

Comment compter l'irréversibilité ? Comment mesurer ordre et désordre ? Une clé de voûte de la thermodynamique réside dans son second principe. Dans un système fermé, l'entropie augmente avec le temps. En effet, impossible qu'une tasse cassée se recompose d'elle-même. Aucune chance que l'eau tiède se compartimente en deux volumes, avec de l'eau chaude d'un côté et de l'eau froide de l'autre. Ordonner, classer, ranger réclame de l'énergie libre (on parle aussi d'exergie). Lorsque nous entretenons ou réparons un bâtiment, nous apportons de la « néguentropie », autrement dit de l'entropie négative pour combattre la pente naturelle du désordre. « *Diminue s'il te plaît l'entropie de ta chambre* » serait une autre façon d'inviter votre adolescent à ranger son antre, en tentant de réveiller son énergie libre...

La Terre, jeu de construction à (dé)ranger

En dézoomant à l'échelle planétaire, pourrions-nous mesurer l'entropie de la biosphère ? Dans *Thermodynamique de l'évolution* (Éditions Parole, 2012), François Roddier rappelle que la Terre est un système ouvert du point de vue de l'énergie : elle reçoit de façon permanente de l'énergie libre du soleil. Notre planète est en revanche un système quasiment fermé côté matière, hormis les quelques chutes de corps célestes – *Don't look up!* Dans le film de Ridley Scott *Seul sur Mars* (2015), l'astronaute Mark Watney fait l'expérience d'un système ouvert à l'énergie, mais fermé à la matière. Depuis sa base martienne échouée, pour survivre et s'alimenter², notre Robinson Crusoe spatial apprend à ne rien perdre de ses exutoires corporels. Sous sa serre martienne, grâce au flux solaire, il parvient à recycler urine et excréments en patates comestibles. Ainsi, la matière peut « tourner ». Sur Terre, nous sommes huit milliards de Mark Watney. La quasi-intégralité des composants étaient présents lors de la formation terrestre, il y a plus de quatre milliards d'années. Ces *poussières d'étoiles*, atomes et molécules simples sont les briques du jeu de construction de la vie : hydrogène, azote, oxygène, carbone, silicium, calcium, etc. Nous tentons d'être « circulaires » – malheureusement, avec beaucoup moins de sobriété que l'astronaute Watney, et une piètre conscience des conditions de soutenabilité.

La construction comme une phrase de matériaux

Pour mieux saisir cet entrelacement énergie-matière-architecture, imaginons un enfant concentré sur son jeu de construction. Les briques sont éparpillées par terre. Pour construire son modèle, il puise un peu d'énergie dans son métabolisme. Distinguer la bonne brique, la saisir, l'enclencher sur une autre. Pour diriger ce projet en miniature, il lui faut une séquence d'informations : celles issues de son imagination ou de la notice de montage. L'enfant est à la fois maître d'œuvre et entrepreneur, tel un maître-bâisseur au temps des cathédrales. Il est le chef d'orchestre entre la matière (les briques), l'énergie (son corps) et l'information (la notice et son cerveau). À plus grande échelle, la trilogie est analogue : énergie-matière-information. D'ailleurs, pourrions-nous estimer la valeur d'une construction en bits (plutôt qu'en euros) ? Depuis nos lunettes de thermodynamicien, l'architecture est un « état arrêté de la matière ». Sa matérialité s'est révélée par l'apport

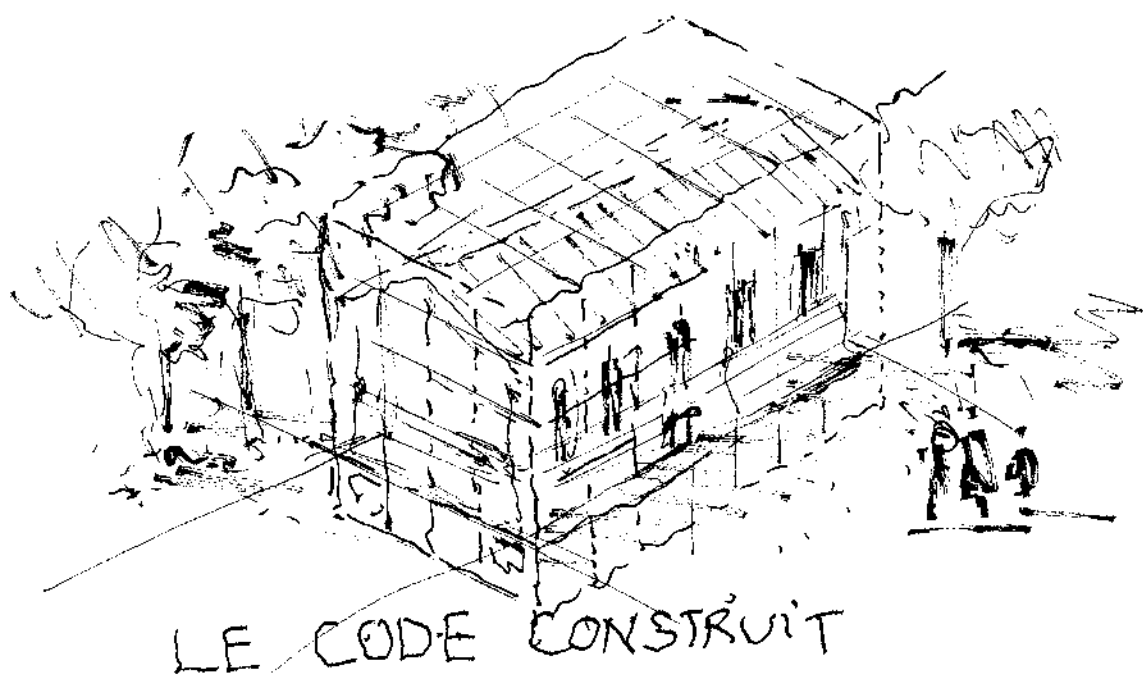
d'énergies tout au long du processus constructif et par un « code » – au sens cybernétique du terme – conçu par le maître d'œuvre et précisé par les savoir-faire des entreprises. L'édifice est ainsi un code construit (que nous notons *C*), un ordonnancement matériel savant. L'architecture est une « phrase de matériaux », habitable, plaisante, reflet de son époque. Pour Jean Nouvel, « *l'architecture est la pétrification d'un moment de culture* ».

“How much does your building weigh? [Mr. Shannon]”

Si l'architecture est un code, le temps opère des mutations, tout comme il agit sur le génome du vivant (ADN ou ARN cellulaire). À présent, nous retournons à notre maison du début pour tenter de la coder. Plaçons autour d'elle un parallélépipède qui l'englobe : 10 mètres de longueur, 5 en largeur et 6 en hauteur (5 mètres d'air et 1 mètre de sol pour les fondations). En tout, 300 mètre cubes. Pour traduire notre maison en génome (*C*), une méthode triviale consiste à caractériser le contenu de chaque mètre cube : masse, composition matérielle, état de vétusté. Une liste de 300 lignes de spécifications, transcription grossière préliminaire. En découpant en cubes centimétriques, la résolution s'affine. La liste comporte désormais trois millions de lignes (et beaucoup ne caractérisent que la présence de l'air). En passant au millimètre, nous aurons trois milliards de lignes. Sans compression de l'information – pourtant, toutes ces lignes d'air ! –, si chaque ligne résume l'état de la cellule avec une dizaine de lettres (une dizaine d'octets environ), notre maison pèse environ 30 Go. Pour affiner *C*, on pourrait soupeser les données du dossier de consultations des entreprises ou le dossier des ouvrages exécutés. Peut-être quelques centaines de Mo, soit un épisode de votre série préférée. Des chercheurs en cybernétique sauraient probablement bien mieux définir le codage pertinent pour notre maison.

Permutations et mauvaises copies

Face à l'usure, quelle est la dynamique temporelle du code construit (*C_t*) ? Avec le temps, des erreurs dans le remplacement de certaines séquences du code (des substitutions malencontreuses lors d'une réparation, une arrivée d'eau mal fermée, un mégot mal éteint...) pourront produire une avalanche de désordre, telle la mutation génétique générant une tumeur dans un organisme vivant. Le jeu de cour de récréation le « passe-parole » illustre la dégradation progressive d'un message au cours du temps : du bruit ajouté à un signal lors



d'une transmission. Pour le comprendre, si j'effectue une permutation entre deux lettres du prénom *Raphaël* en échangeant *a* et *ë*, j'obtiens *Rëphaal*. Deuxième étape : une érosion, la perte du *p* (telle une gouttière se détachant d'un toit) et le code *rëhaal* devient rapidement inintelligible sauf si désignera probablement autre chose ! La réhabilitation d'un patrimoine architectural qui ne suivrait pas bien les recommandations de l'expert pourrait subir un sort analogue. Encore faut-il savoir décoder les qualités du déjà-là.

Au cours de sa vie, notre maison joue chaque seconde au « passe-parole » avec son environnement. Et si la perte annuelle de son code initial *C* est de 5 %, il n'en restera plus que 8 % au bout de 50 ans ($C_{50}/C = 8\%$)... Si l'usure est plus faible, par exemple de 1 % par an, le reliquat sera de 60 % après 50 ans (et de 37 % après un siècle).

La thermodynamique : une économie de l'usure ?

Théories économiques et limites planétaires

Pour limiter l'érosion, le soleil fournit une ressource illimitée d'entropie négative à la biosphère, et donc une source permanente pour compenser les pertes du code. Malheureusement, depuis deux siècles, nous consommons du « solaire ancien », les énergies fossiles, stocks de biomasse datant de millions d'années. Aujourd'hui, charbon, pétrole et gaz représentent 80 % du mix mondial et nous payons cher les désordres (émissions de GES, pollutions...) associés à l'extraction, à la transformation, à la combustion permettant d'utiliser l'énergie libre de ces hydrocarbures. Avidité siamoise, l'extraction massive des ressources minérales participe aussi grandement à la crise écologique.

En économie, cette entropie énergie-matière n'est pas intégrée dans les théories classiques. Ces dernières gouvernent pourtant les politiques publiques depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale, avec le PIB comme compte-tour du tableau de bord de l'Anthropocène. Ce compteur nous pousse à faire rugir

le moteur thermo-industriel, en accélérant notre consommation de néguentropie non renouvelable. Pourtant, des travaux ont alerté sur l'urgence de freiner et ont invité la biosphère dans les modèles. En 1972, la publication des *Limites à la croissance* (aussi appelé le rapport Meadows) fut un pavé dans la mare, confrontant les perspectives économiques au métabolisme global (intrants, stocks et exutoires). À partir des simulations du modèle World3 (lire page 80), ce texte illustre les conséquences désastreuses du développement humain s'il ne tenait pas compte des limites planétaires. Dans *The Entropy Law and the Economic Process* (Harvard Univertisty Press, 1971), l'économiste Nicholas Georgescu-Roegen chahutait aussi l'économie classique en réintégrant les processus biophysiques : « *La thermodynamique et la biologie sont les flambeaux indispensables pour éclairer le processus économique (...) la thermodynamique parce qu'elle nous démontre que les ressources naturelles s'épuisent irrévocablement, la biologie parce qu'elle nous révèle la vraie nature du processus économique.* »

Dépréciation et amortissement

Dorénavant, comment (re)construire quelques ponts entre l'économie, l'entropie et le projet ? En commençant par placer notre stéthoscope thermodynamique sur quelques notions courantes. Par exemple l'amortissement, outil comptable qui permet d'étaler la perte de valeur sur la durée. De fait, la dépréciation d'un bien est un processus généralement irréversible. L'effort requis pour maintenir sa valeur (maintenance, rénovation, remplacement) peut être comparé à l'énergie libre nécessaire pour réduire l'entropie d'un système. L'amortissement est en quelque sorte la « lime » de la valeur, le « mouchoir de soie » qui caresse un actif. Selon les cas, on peut considérer une quantité constante de perte chaque année (amortissement linéaire) ou sinon, en proportion de la valeur actualisée – soit comme la simulation de l'érosion du code *C* juste avant.

Actualisation et coût généralisé

Le taux d'actualisation permet de quantifier la valeur présente de flux monétaires futurs. Lors de l'évaluation d'un projet, son paramétrage est crucial. En effet, un taux d'actualisation élevé tend à minimiser l'importance des bénéfices futurs, ce qui peut conduire à une surexploitation des ressources. À l'inverse, un taux d'actualisation faible valorise davantage les bénéfices à venir. Il peut ainsi encourager la préservation des ressources et donc la réduction de l'entropie générée. Cet impact

du taux d'actualisation est particulièrement sensible pour les *levelized costs of energy* (les coûts actualisés de l'énergie) lorsque appliqués aux énergies renouvelables ou aux travaux de rénovation énergétique.

Le taux d'actualisation est au cœur du débat entre « soutenabilité faible » et « soutenabilité forte ». La première suppose que le capital naturel peut être substitué par du capital manufacturé, justifiant l'utilisation de taux d'actualisation élevés. Au contraire, la seconde considère le capital naturel comme irremplaçable et préconise donc des taux bas pour refléter l'importance de la préservation. En France, le taux d'actualisation fixé par la commission Quinet (2013) propose un taux d'actualisation (sans risque) de 2,5 % passant à 1,5 % au-delà de 2070. Bien que le taux d'actualisation et l'entropie soient des concepts issus de disciplines différentes, ils se rejoignent dans l'analyse des politiques environnementales, où le choix du taux d'actualisation influence la gestion des ressources naturelles et la capacité à investir dans des infrastructures décarbonées et/ou favorisant la transition écologique.

Pour atterrir

La patine du temps

L'analogie entre la valeur économique et l'entropie a toutefois ses paradoxes. Dans l'immobilier, une construction ancienne dans un centre urbain peut parfois être plus chère qu'un bâtiment récent en meilleur état (à *C* moins dégradé). La cote d'une voiture d'occasion peut remonter si elle acquiert le statut de véhicule de collection. Cette ascendance de la valeur est généralement le résultat de trois phénomènes : l'entretien correct de l'actif ; la patine du temps, supplément d'âme du bien ; sa relative rareté, effet de pyramide des âges, lui conférant une once d'exclusivité, voire de distinction sociale. La singularité informationnelle (la rareté de C_i) prend l'ascendant sur la qualité matérielle (l'état de santé de C_i). En architecture, la qualité de la construction, le soin du détail, le raffinement de l'ornement font fusionner singularité et qualité. La *venustas*, chère à Vitruve, l'émotion spatiale sont des plaisirs plutôt minoritaires dans l'océan des constructions génériques de l'Anthropocène et de ses infrastructures. Pourtant, prendre conscience qu'une réalisation a réclamé de l'attention, ressentir le labeur des bâtisseurs, la passion des artisans – cela invite

au respect. Dans certains cas, la construction se fait œuvre lorsque l'admiration lui confère une valeur considérable. La physique de la construction se confond avec la chimie complexe du vin : le temps devient un allié de la beauté et du ravissement des sens.

La finesse du planeur

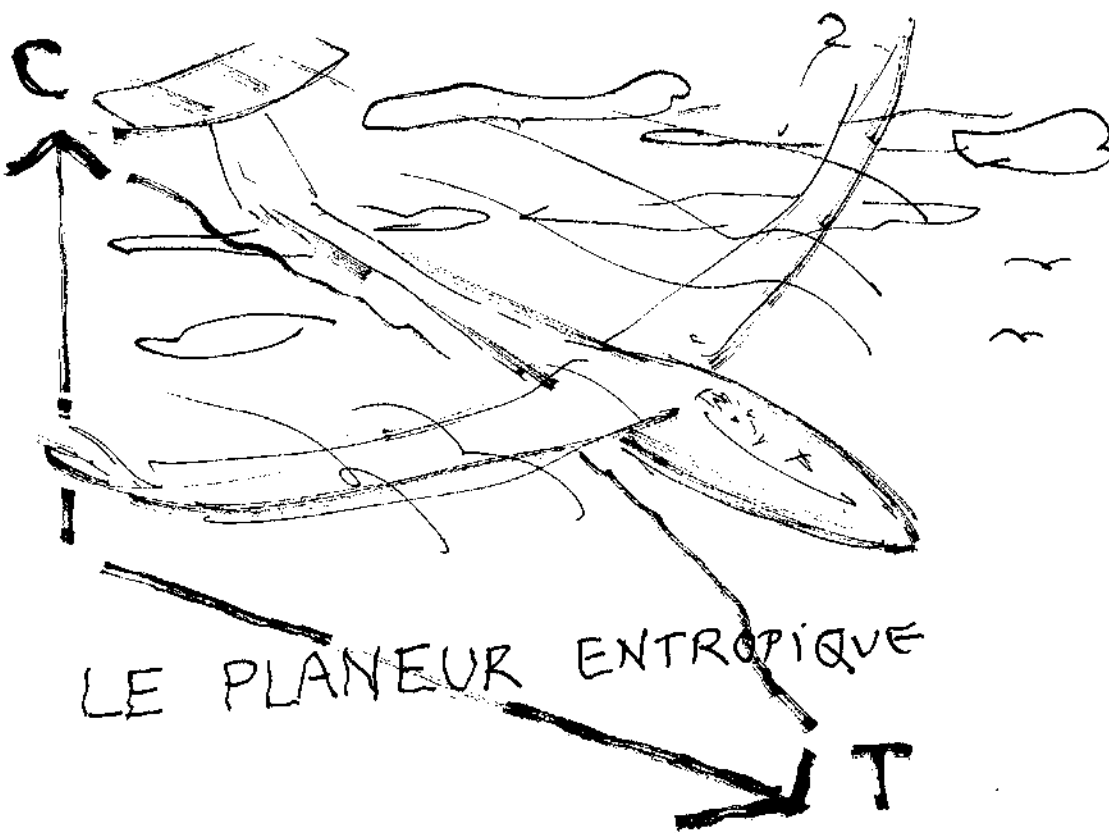
Pourtant, en amont de l'usure, le dilemme reste entier. Lorsque nous construisons, nous empruntons de la néguentropie au capital naturel. Quelle est sa juste mesure ? Cet article n'est qu'une introduction à un vaste sujet défriché par les travaux pluridisciplinaires de Robert Ayres, Per Bak, Howard T. Odum ou François Roddier (pour n'en citer que quelques-uns). Sur nos questions constructives qui intégreraient davantage les limites planétaires, retenons cette relation entre la longévité (T) et le coût néguentropique pour constituer le code construit initial (C).

Au cours de la vie d'une construction, comment affronter les turbulences du temps avec la légèreté d'une plume ? Les amateurs de vol libre sont coutumiers de la notion de finesse pour caractériser l'aérodynamique d'un planeur. Elle correspond au rapport entre la distance parcourue et l'altitude dépensée pour planer sur cette distance. Selon la qualité des

planeurs, la finesse est généralement comprise entre 30 et 70. Ainsi, un planeur de finesse 50 peut parcourir 50 kilomètres avec 1 000 mètres d'altitude « consommée ».

Tentons une transposition pour une construction donnée. Remplaçons la distance parcourue par la longévité (T) ; l'altitude par l'état de santé du code à un instant t (C_t), sa néguentropie rémanente (soit de façon relative par rapport à son état initial C , soit de façon absolue, en bits d'information). Nous définissons alors la « finesse entropique » d'une architecture avec le rapport T/C . Une valeur élevée signifierait la capacité à affronter les frottements du désordre, les turbulences de l'usage avec une grande résilience. Une construction post-carbone viserait un rapport T/C le plus élevé possible, tel un indicateur de robustesse.

A posteriori, l'abbaye du Thoronet, bâtie au XII^e siècle, est d'une grande finesse. Les réalisations contemporaines en bambou de l'architecte colombien Simón Vélez seraient probablement de bons « planeurs entropiques », tout comme la plupart des 40 références sélectionnées pour l'exposition « Materia⁴ » – à faible coût néguentropique initial (C faible à la livraison) et avec une recherche évidente de permanence (T élevé).



La légèreté entropique

De façon générale, des formes ordinaires, comme le toit à double pente, résultent probablement d'une recherche empirique de finesse entropique. Cette géométrie très répandue dans le temps et dans l'espace est sans doute une figure limitant l'usure aux intempéries, facilitant les écoulements, réduisant entretien et réparation. Serait-ce une nouvelle histoire naturelle de l'architecture au prisme de la thermodynamique ? Elle mettrait probablement en avant les conceptions simples, modulaires et réparables.

Aussi, pour davantage de finesse, l'édifice peut créer lui-même de la néguentropie : des architectures productrices d'énergie libre comme les moulins à vent (ou à eau) ; une bâtisse dont la fenêtre est à la bonne place pour capter l'énergie solaire en hiver ; l'usage de la ventilation naturelle dans une construction et l'art de capter les vents, etc. L'architecture post-carbone filtre l'énergie libre qui la traverse : soleil, vents, courants d'eau, géothermie...

Évidemment, la pente de longévité d'une construction ne ressemble pas tout à fait à la trajectoire lisse du planeur. De fait, dans quelques décennies, lorsque la vétusté de notre maison sera bien avancée, que l'atterrissage vers la fin de vie sera proche, la perte d'altitude de son code construit (C_t) pourra être brusque. Sa trajectoire s'apparentera à une descente accélérée vers la ruine (on pourrait faire le parallèle avec l'état de santé fragile des personnes très âgées). Notre maison, que nous avons bâtie avec passion, entretenue avec soin, aura plutôt bien plané en bravant les turbulences du temps.

Planer avec légèreté dans un climat dérégulé

La génération qui suit va construire une nouvelle maison, dans un climat davantage dérégulé et un environnement dégradé. Ces vulnérabilités augmentées renforceront probablement la rugosité de la lime de Kronos, et les assureurs ne manqueront pas de le traduire dans la police d'assurance. Aussi, au moment de concevoir cette nouvelle maison, quel surcoût néguentropique anticiper pour mieux affronter les turbulences (C_t) ? Faut-il aussi prévoir un surcoût d'entretien, de réparations, voire une réduction de la durée de vie de l'édifice (T_t) ? Ainsi, la finesse entropique de cette maison sera certainement amoindrie.

En repassant le pont vers le territoire de l'économie, comment mettre à jour amortissement et taux d'actualisation au regard de l'adaptation au changement climatique ? À l'heure où science et

environnement sont méprisés par une poignée de puissants architectes du désordre, cette complexité amplifiée renforce l'urgente nécessité d'intégrer les processus biophysiques dans les modèles économiques. Et pour tous les acteurs de la construction, de mieux appréhender les lois implacables de la thermodynamique dans le cycle de vie des projets.

Post-scriptum

Cet article a été largement inspiré par la lecture de *Thermodynamique de l'évolution* de François Roddier. Dans cet ouvrage, il vulgarise les travaux récents de la thermodynamique des systèmes ouverts, notamment du principe de production d'entropie maximale (nommé MaxEP). Il spéculait que parmi les états possibles d'un système ouvert hors équilibre, l'état qui est sélectionné par l'évolution est celui qui maximise la production d'entropie. Autrement dit, dans un système soumis à un flux constant d'énergie libre (comme la Terre sous le Soleil), les structures qui apparaissent sont celles qui dissipent le plus efficacement ces flux. Au sein du vivant, l'humanité bat tous les records en termes de dissipation d'énergie, y compris à l'échelle de l'univers. Ainsi, la transition ou la bifurcation (c'est selon) peut se résumer de la sorte : option 1, avalanche de désordre avec une consommation maximale d'énergies fossiles, amplification de l'extractivisme... Un slogan simple en quelques bits : « *Drill, baby, drill* ». Option 2, produire et accumuler du savoir, partager la connaissance à partir de l'énergie libre disponible, pour (ré)apprendre à vivre de façon sobre et harmonieuse en composant avec les limites planétaires de la biosphère. •

1. « La dette publique est une blague ! La vraie dette est celle du capital naturel », entretien avec Thomas Piketty, *Reporterre*, 2 juin 2015.
2. À leur façon, dans leurs expériences et leurs documentaires, Corentin de Chatelperron et Caroline Pultz tentent des expériences analogues d'autarcie.
3. La question originelle était celle posée par l'architecte Norman Foster à son confrère Richard Buckminster Fuller : « *How much does your building weigh, Mr. Foster?* »
4. « Materia architectures. 40 bâtiments en pierre, terre et fibres végétales », exposition présentée au Pavillon de l'Arsenal du 22 mars au 26 avril 2025.

Christian Gollier

« *Tout ce qui est vert n'est pas nécessairement désirable* »

propos recueillis par Anaëlle Tramaille

Est-il possible de concilier trajectoire économique et transition écologique ? D'après Christian Gollier, directeur de la Toulouse School of Economics, chercheur spécialisé en économie de l'incertain et en économie du changement climatique, pour y parvenir, il est autant question de méthode que de responsabilité. Entretien avec celui qui fut l'un des auteurs des 4^e et 5^e rapports du Giec.

« **Le climat après la fin du mois** ».

Que signifie cette expression et quel dilemme révèle-t-elle ?

Pour lutter contre la fin du monde, il faut accepter de faire des sacrifices de fin du mois. Ce que les ménages ne veulent généralement pas faire, comme l'indique cette expression (« Le climat après la fin du mois »). L'une des problématiques majeures est que l'on fait face à des temporalités différentes. D'une part, il y a un problème de court terme de fin du mois, et donc de pouvoir d'achat pour les générations actuelles : la révolte contre la réforme des retraites et le mouvement des Gilets jaunes en sont des illustrations. D'autre part, il y a un problème de plus long terme, de fin du monde avec le changement climatique, qui concerne l'avenir des généra-

tions futures. Fin du mois et fin du monde entrent ainsi en conflit, puisque la transition énergétique demande des sacrifices à court terme (baisse du pouvoir d'achat) pour engendrer des avantages à long terme (réduction de nos émissions). Ce qui attise particulièrement les tensions, c'est le coût que représente la lutte contre le changement climatique. Abandonner par exemple de manière collective les sources d'énergie qui, au cours des deux derniers siècles, ont fait la prospérité – en particulier – de l'Occident, telles que le charbon, le pétrole ou le gaz naturel, pour les remplacer par des énergies renouvelables, coûtera très cher. Tout comme fabriquer de l'acier avec de l'hydrogène vert risque de faire doubler son coût. Or, sommes-nous prêts à payer notre acier – ou les produits qui en

contiennent – beaucoup plus cher ? À l'échelle des ménages, l'appel à la sobriété pour réduire la consommation d'énergies carbonées a aussi des répercussions : soit pécuniaires (remplacer sa voiture thermique par une voiture électrique, par exemple), soit en termes de confort (baisser le thermostat dans les appartements, prendre des transports en commun, etc.). Entre la fin du mois et la fin du monde, on le voit bien, il faut choisir.

Pour lutter à la fois contre le changement climatique et les inégalités sociales, quels investissements réaliser ?

S'il existe bel et bien une corrélation entre les luttes contre le changement climatique et contre les inégalités sociales, tout ce qui est « vert » n'est pas nécessairement désirable. D'autant plus que certains investissements réalisés au nom de la transition écologique, parfois très coûteux, ont un impact limité. Plusieurs exemples de « contraires » sont ainsi identifiables en Europe. Le cas du charbon est très parlant : alors qu'il est l'une des énergies les plus néfastes pour le climat, encore trois quarts de l'électricité produite en Pologne et un tiers de celle produite en Allemagne sont issus de son extraction et de sa combustion. Et bien que sa substitution par du gaz naturel permettrait de diminuer massivement les émissions de CO₂ en Europe (puisque'il émet deux fois moins que le charbon pour produire un kilowattheure) et cela à un très faible coût¹, aucune mesure n'a été prise à ce jour car le charbon reste moins onéreux à produire. En parallèle, en France, des propositions de décarbonation ont été mises sur la table, comme celle de réduire la vitesse maximale sur l'autoroute, de 130 à 110 km/h, émise lors de la Convention Citoyenne pour le Climat. Efficace énergétiquement, cette mesure est loin d'être évidente à faire accepter socialement. Car réduire sa vitesse signifie aussi perdre du temps, ce à quoi peu de gens sont prêts à consentir. Mais c'est surtout son coût par tonne de CO₂ évitée qui rend cette proposition difficile à défendre : il est estimé 20 fois supérieur à celui occasionné par le remplacement du charbon par du gaz naturel. Les actions à prioriser ne sont donc pas toujours où on les imagine, d'où l'importance d'en établir une liste. De plus en plus d'économistes – moi y compris – s'attèlent à comparer toute une série d'actions climatiques, c'est-à-dire d'investissements (dans la voiture électrique, dans la substitution de centrales au gaz naturel par de l'éolien ou du solaire, dans l'isolation thermique des bâtiments, etc.) à l'aune de cette même mesure de coût par tonne de CO₂ non émise. Ensuite, tout est

question de méthode : il faut choisir de faire tous les investissements coûteux mais dont la hausse de coût demeure tolérable, c'est-à-dire pour que notre responsabilité envers les générations futures justifie ce choix.

Face au défi d'une transition écologique économiquement soutenable, quels leviers activer et à quelle échelle ?

Le problème principal se joue à l'échelle de l'individu. S'il y a bien en Europe l'idée d'une responsabilité collective du changement climatique, il y a par contre un déni de responsabilité individuelle. Souvent, ce déni repose sur l'idée qu'on ne serait chacun, individuellement, qu'une petite goutte d'eau dans la mer. Ce qui est en partie vrai : nous émettons, par exemple, six tonnes de CO₂ et gaz à effet de serre par personne et par an en France, contre 55 milliards à l'échelle de la planète. Selon cette perspective, dire « que je prenne l'avion ou non, cela n'aura pas d'impact sur le changement climatique » est réaliste. Cependant, si les huit milliards d'êtres humains pensent de la sorte, le *statu quo* est maintenu, avec à la clé un drame écologique majeur en fin de siècle. Alors que si chacun « retire sa goutte d'eau de la mer », c'est la totalité des tonnes de CO₂ émises qui disparaît. Mais ceci, personne n'ose le dire, pas même les écologistes. Car clamer haut et fort que « je, tu, nous » sommes responsables du changement climatique est inaudible. Le déni individuel de notre propre responsabilité est tellement grand que ce serait un suicide politique pour un parti de porter ce message. À notre niveau, on préfère d'ailleurs pointer du doigt les riches, les entreprises, les gouvernements, à l'image de l'Affaire du siècle, campagne portée par des associations où des citoyens ont attaqué l'État pour non-action climatique – un comble ! On rôle contre leur inefficacité face au changement climatique, alors que l'on élit expressément des gouvernements qui refusent de nous demander de faire des efforts. Ce qui conduit à de l'immobilisme, et comme disait Edgar Faure : « *L'immobilisme est en marche, et rien ne pourra l'arrêter.* » •

1. Son coût d'abattement est de l'ordre de 50 euros par tonne de CO₂ non émise.



Le climat après la fin du mois,
Christian Gollier,
PUF, 2019,
372 pages

TEMPS ET PATRIMOINE

Habiter le monde autrement

Face aux crises contemporaines, le patrimoine devient repère commun : c'est un acte d'engagement, un levier de créativité qui appelle à habiter autrement le monde. Comment notre rapport au patrimoine s'est-il construit dans le temps, et pourquoi devons-nous le repenser aujourd'hui ? Véronique Veston, architecte du patrimoine responsable du studio patrimoine AREP, fait le tour de la question en croisant son regard de praticienne et son expérience de chercheuse.

texte Véronique Veston

Qui n'a jamais fait l'expérience totale d'un lieu ? Sentir son corps et son esprit en résonance totale avec la scène vécue. Ressentir un paysage, une architecture est un moment où notre perception immédiate nous connecte à notre mémoire, nos souvenirs, notre appartenance ou notre étrangeté à un environnement. La plupart du temps, nous traversons notre décor quotidien, devenu invisible à force d'être présent. D'autres fois, le voile de cécité qui nous accompagne se lève et le génie du lieu apparaît. En un mouvement, le *genius loci* convoque notre passé et notre présent. Au-delà de ce ressenti, s'imprégner des réalités lentes et sans cesse mouvantes de l'Histoire, c'est expérimenter la notion de patri-

moine. Une part importante de notre expérience humaine consiste à chercher à nous connaître et comprendre notre rapport au monde... Le patrimoine est une porte d'entrée pour cet apprentissage. Dans la pratique, il s'agit d'un mode de penser et de faire qui nous met en prise avec la réalité et la matérialité de notre environnement. Le patrimoine nous interroge très concrètement. Que voulons-nous conserver, transmettre ? Et si nous la situons dans le temps (hier-aujourd'hui-demain), la question devient riche et complexe. La pratique du patrimoine ne se satisfait pas d'une succession de dates et d'événements, nous mettant à distance, elle invente ses méthodes, ses outils, qui donnent du sens à nos actions.

Une brève histoire des temps de la patrimonialisation est nécessaire pour comprendre comment notre rapport au patrimoine a évolué dans le temps et pourquoi nous devons nous adapter face à ces évolutions.

Le temps de la patrimonialisation et du tout-patrimoine

Alors qu'il laisse de très nombreux artefacts architecturaux sur notre planète, le patrimoine reste difficile à définir, en cela qu'il est issu d'une notion mouvante, dont les objets nous viennent du passé et de notre rapport à celui-ci. Pour les théoriciens, comme Michel Rautenberg, le patrimoine est un « *instrument moderne pour organiser la cohérence entre le présent et le passé (et désigne) un ensemble de repères transmissibles qui produisent un rapport social et culturel spécifique au temps* ». De fait, le patrimoine comme fait social interroge nos devoirs de transmission et de conservation aux générations futures. Quels construits humains, matériels et immatériels, deviennent patrimoine et sont transmissibles ?

Pour les chercheurs des XX^e et XXI^e siècles, plus que de patrimoine, il est surtout question de patrimonialisation. Dans un monde globalisé, elle a permis *crescendo* de protéger des monuments, puis des paysages, des villes, des territoires, des cultures, la nature, les gestes, les traditions humaines, et à présent, l'ensemble du vivant. Progressivement, la protection s'est élargie vers le tout-patrimoine. Cette extension chronologique et typologique du patrimoine nous offre aujourd'hui une lecture complexe de notre environnement. Il suffit de flâner dans une rue ancienne pour faire l'expérience simultanée du passé, du présent et même du futur, dans l'alignement d'immeubles qui se reconstruisent sur eux-mêmes, ou dans la disparition, la transformation et la permanence des usages et leurs traces. Cet héritage matériel et immatériel permet une pratique physique de l'enchevêtrement des temps. La patrimonialisation extensive et globale que nous vivons, où tout devient patrimoine, reflète notre volonté de conserver la coexistence des temps. Sans doute cet emballement du tout-patrimoine est-il né des cahots du XX^e siècle et de ceux de notre temps actuel ? Peut-être pour combler le vide laissé par l'aphorisme de René Char : « *Notre héritage n'est précédé d'aucun testament* ». Il n'existe en effet pas de mode d'emploi pour notre héritage. Sachant que les sociétés absorbent lentement les transformations, nous avons cru un temps que la



↑ Stratification des temps de la ville, 2017
© Arnaud Ledu. Vue du 18^e arrondissement de Paris, rue de la Chapelle, des habitations à bon marché – protégées par un périmètre des abords – aux immeubles des Orgues de Flandre (architecte : Martin Schulz Van Treek), patrimoine du XX^e siècle et labellisés
« Architecture contemporaine remarquable »

notion de patrimoine allait disparaître face aux défis géopolitiques et climatiques mondiaux. C'est l'inverse : à notre époque, chaque perte devenue intolérable déclenche des actions de réparation et de conservation. La ferveur autour de la restauration de Notre-Dame de Paris en est une illustration simple. À l'ère de l'Anthropocène et de l'urgence mondiale marquée par des crises et des guerres, nos sociétés s'efforcent de garder contact avec leurs racines. Avant de pouvoir agir avec et pour le patrimoine, il faut voir les temps de la patrimonialisation comme les miroirs de notre société, reflétant à la fois nos passés, nos présents et le fantasme de nos futurs.

Le temps du faire, avec et pour le patrimoine

Cet héritage largement pensé par les théoriciens est pourtant avant tout un temps d'action et de faire des praticiens, pour mettre en œuvre sa conservation. Agir pour le patrimoine, c'est s'inscrire dans un réseau d'acteurs qui nous ont précédés et qui nous survivront. D'après Lucie K. Morisset par exemple, la patrimonialisation agit selon « *un cycle en trois temps : une phase de caractérisation visant à authentifier le patrimoine, une phase de conservation et une phase de valorisation visant à transmettre le bien*³ ». Ces trois temps ressemblent à un mode d'emploi que nous pouvons questionner ici.

Pour le premier temps, la caractérisation comme patrimoine ne dépend pas de son seul usage mais des valeurs d'un collectif, apposées sur un objet à un temps donné. Ces valeurs – mémoire, authenticité, rareté... – sont, elles aussi, extensives et ne cessent de s'enrichir au fil du temps, en s'additionnant aux précédentes. Par exemple, la Révolution française est considérée comme le premier temps de la protection du patrimoine monumental, avec la gestion et la conservation des châteaux et des églises devenus biens d'État, au commencement d'une nouvelle ère. Dans les années 1980, presque 200 ans plus tard, la désindustrialisation de la France conduit à la caractérisation comme patrimoine de sites industriels. Aujourd'hui, l'Unesco protège des habitats naturels pour la conservation *in situ* de la diversité biologique. L'Histoire change, les critères évoluent, mais l'expérience de la perte reste un moteur de la protection.

Pour le deuxième temps du cycle, conserver, c'est avant tout se confronter à sa réalité tangible, à sa matière dense faite de couches superposées en strates chronologiques. La question très concrète du temps est au cœur de la réflexion des praticiens du patrimoine (architectes du patrimoine, architectes des Bâtiments de France, conservateurs, spécialistes) : quelle époque conserver ? Selon quelle doctrine ? Le débat passionné sur la restitution *versus* la conception nouvelle de la flèche de Notre-Dame montre la complexité de l'enjeu. Pour prendre position dans les débats de société que pose le patrimoine, les praticiens placent la connaissance historique et technique au cœur des décisions de conservation. Qu'il s'agisse d'un projet de valorisation d'un site ancien ou de restauration d'un édifice, ces professionnels développent des méthodes d'analyse, de conception, et de nouvelles techniques. Ils interrogent sans cesse les valeurs du

patrimoine, en déplaçant les lignes à mesure que les frontières avec le déjà-là s'amenuisent.

Pour le troisième temps du cycle, qui concerne la valorisation et la transmission, la temporalité extensive du patrimoine pose constamment la question économique de son (ré)emploi à chaque étape de la vie d'un édifice ou d'un site. Les tensions entre les temps du passé et les valeurs d'usage se nourrissent l'une de l'autre. Avec l'émergence de nouvelles valeurs au XX^e siècle, nous avons vu se succéder la commercialisation du patrimoine, le déploiement des stratégies touristiques et de sa valorisation foncière, puis les politiques publiques de la culture, et celles de l'aménagement et du développement des territoires. En parallèle, face à cette forte dynamique, les acteurs du patrimoine se sont mobilisés en créant des outils de gestion puissants (lois, code du patrimoine...). Il faut comprendre que le patrimoine, notion complexe, a aussi comme particularité d'exister dans des temporalités différentes, comme celles du droit. La législation qui régit les règles de protection du patrimoine évolue avec les sociétés, mais parfois moins rapidement qu'elles. Il peut alors se créer un décalage entre la protection du patrimoine et ses enjeux de transformations mouvants. Il ne faut toutefois pas confondre le tout-patrimoine, qui est l'extension de la notion de patrimoine dans le temps, avec l'idée que tout serait protégé. Ce serait impossible pour des raisons économiques et juridiques. Le patrimoine, héritage et bien commun, étant devenu progressivement l'affaire de tous, le temps de l'action collective précède souvent celui des lois. Aujourd'hui, les usagers se mobilisent pour identifier, protéger et transformer leurs sites patrimoniaux en espaces de coworking, en tiers-lieux ou en opérations d'urbanisme transitoire, comme la Cité Fertile de Pantin, et démontrent la valeur renouvelée d'un patrimoine en déshérence. Ces exemples de réemploi sur des bâtiments, des sites peu protégés, se propagent ensuite par capillarité dans les territoires.

C'est donc un écosystème d'acteurs, de lois et d'initiatives collectives qui construit et transforme le patrimoine. Mais cette économie de la construction et de l'aménagement peut-elle perdurer à l'ère de l'urgence climatique ?

Le temps de l'adaptation

Aujourd'hui, le cycle caractérisation-conservation-transmission est-il devenu obsolète lorsque nous prenons la véritable mesure du tout-patrimoine, de nos questionnements et de nos vulnérabilités ?

Le patrimoine du XXI^e siècle semble éclore partout, dans les interstices, dans les ruptures, dans la perte qui est l'autre face de la conservation. L'historien François Hartog nous rappelle que « *la mémoire est un impératif pour les gens qui n'ont pas connu les événements passés*⁴ ». La mémoire écrit une histoire ouverte sur le futur. Allier action et pensée, c'est précisément ne pas perdre le fil du patrimoine, le sens et la valeur que l'on donne à notre mémoire.

Quelle expérience faisons-nous et ferons-nous du patrimoine demain ? *Le genius loci* est-il possible dans un avenir où la ligne d'horizon semble floue ? Que voudront préserver de nous les générations futures ? Que voulons-nous construire pour notre futur ? La nature, perte ultime, sera-t-elle muséifiée et réservée à un petit nombre d'humains ? C'est déjà le cas avec l'interdiction de l'occupation humaine dans certaines réserves naturelles. Notre temps interroge fortement la patrimonialisation. Pour la philosophe Chris Younès, « *nous sommes incontestablement passés d'un mode d'héritage et de valeurs bien identifiés, à un mode désorienté dans lequel les repères sont en question, ouvrant une béance vertigineuse étant donné que pour la première fois dans l'humanité, l'individualisme et une sorte de déshéritage généralisé sont associés*⁵ ».

De ce constat qui n'est pas figé naît le temps de la création des outils de conservation-conception de demain. Que conserver ? Comment le conserver ? Il est temps d'imaginer qu'à mesure que nos mondes s'interconnectent et que nos pensées se croisent, nous nous enrichissons de la relation à l'autre et la question du devenir du patrimoine est de plus en plus transverse, ouverte. Face aux défis posés par la préservation, l'isolement encore à l'œuvre des praticiens du patrimoine, des architectes et des urbanistes au cœur de ces questions, n'a pas de sens. La réalité matérielle et immatérielle du patrimoine est là pour nous rappeler à l'invention. L'épuisement des ressources de la planète, mené de mains d'hommes et de femmes, nous invite à agir autrement et à repenser certaines valeurs du patrimoine. La situation exige que les praticiens et les chercheurs de champs disciplinaires transverses se connectent. Facile à écrire, difficile à mettre en œuvre. La connaissance est toujours le moteur de l'action patrimoniale, et elle demande d'adopter une démarche scientifique qui aide à approcher la complexité et la multiplicité du déjà-là. Comment faire interagir par exemple le patrimoine avec la biodiversité ? Y a-t-il un vocabulaire commun d'où pourraient émerger de nouvelles méthodes ? Ce mode de faire et de

pratique du projet nous propulse très loin des débats entre nostalgiques et modernistes du siècle dernier. Dans un monde aux ressources finies, la valorisation et la transmission du patrimoine prennent un tout autre sens et éveillent à nouveau nos sensibilités. Prendre soin, faire durer, maintenir, réparer, nous offrent une nouvelle façon d'être au monde, un nouveau regard sur notre environnement, mais il s'agit surtout de gestes à (ré)apprendre, pour transmettre l'existant, le patrimoine, notre héritage.

Questionner le cycle caractérisation-conservation-transmission à l'aune d'un nouvel état de connaissance et d'être à notre environnement renversera nos pratiques. Caractériser des matériaux mis en œuvre il y a plus de 100 ans permettra de protéger l'effort énergétique demandé pour leur extraction et leur transformation, comme les métaux de nos charpentes. Conserver les gestes et les savoir-faire ancrés dans nos ADN tissera le fil de trame de notre mémoire, comme le rivetage pour assembler les pièces de métal. Transmettre la matière transformée et accompagner son vieillissement par nos soins permettra de partager nos valeurs complexes en comprenant les dépendances réciproques qui lient les sociétés entre elles. Dans le monde entier, les tissus urbains et ruraux anciens partagent en réseau une histoire commune, qui doit être caractérisée et partagée pour nous permettre de nous adapter. Mener toujours plus avant la recherche par la transversalité des connaissances nous engagera dans des chemins respectueux de notre cadre de vie. Ce cycle à inventer exige une nouvelle économie de pensée et d'action. Nous devons plus que jamais lever le voile de cécité posé entre nous et notre environnement, en nous engageant dans l'expérience complète du patrimoine pour habiter le monde autrement. •

1. Géraldine Djament, Natalia Leclerc, « Nouvelles (?) temporalités patrimoniales. Controverses, paradoxes et heurts temporels du paradigme patrimonial contemporain », *Temporalités*, n°39, 2024.

2. René Char, *Feuillets d'Hypnos*, Folio, 2007.

3. Lucie K. Morisset, *Des régimes d'authenticité. Essai sur la mémoire patrimoniale*, Presses universitaires de Rennes, Presses de l'Université du Québec, 2009.

4. Podcast *Idées*, « 1 - François Hartog, historien », RFI, 24 mars 2013.

5. Chris Younès, *Recycled Theory: Dizionario illustrato/ Illustrated Dictionary*, p.259-263, Quodlibet, 2016.

TEMPS ET ARCHIVAGE

Mémoire numérique

Le casse-tête de la conservation du monde 2.0

texte Caroline Vinet



↑ Institut de France, salle des archives, Agence Rol, 1922 © Bibliothèque nationale de France

Que restera-t-il de nos photos, de nos vidéos, de nos réseaux sociaux et de nos échanges de mails, de SMS ou de messageries instantanées dans 100 ans ? Sur quelle matière travailleront les historiens du futur ? Le numérique peut-il laisser une trace dans le temps ? À quel prix ? Conscients de l'obsolescence inhérente aux nouvelles technologies qui ont envahi nos quotidiens, les archivistes s'activent pour maintenir vive la mémoire du passé et du présent. Nouveauté de notre époque : il ne suffit plus de stocker les œuvres et documents pour qu'ils traversent le temps. Il faut les faire « migrer » d'un support à l'autre, *ad vitam æternam*. Plongée dans la matrice mémorielle du monde numérique.

Tout ce que la France compte de réalisations audiovisuelles passées et futures dort à Bry-sur-Marne (Val-de-Marne). C'est là, au milieu d'un terrain vert, que se dresse l'INA (Institut national de l'audiovisuel), temple de l'archivage vidéo français. Le lieu a des airs de Silicon Valley à la française. Sauf qu'ici on ne travaille pas à « créer le monde de demain » mais à conserver celui d'hier et d'aujourd'hui.

Comment faire, à l'heure de l'obsolescence programmée ? La réponse se trouve aux sous-sols. Direction : la salle du « robot » et le data center (centre de données). La première contient les données dites « froides » sur bande magnétique et la seconde les données « chaudes » prêtes à être consultées en instantané par le quidam sur Internet grâce aux disques durs. Les deux salles, séparées par un mur de béton pour prévenir le risque d'incendie, sont aussi grandes que deux salles de classe réunies. Elles contiennent à elles deux les plus de 28 millions d'heures d'archives audio et vidéo du fonds de l'INA. C'est l'une des

particularités du monde numérique : abusivement qualifié de « dématérialisé », il nécessite pourtant des infrastructures pour accueillir la mémoire et les flux de données. Il prend, certes, beaucoup moins de place que des archives papier qui peuvent s'étaler sur des kilomètres de rayonnages (plus de 380 kilomètres rien que pour les Archives nationales), mais il nécessite une vigilance et des ajustements constants des archivistes.

« *Le numérique est une matière vivante*, aime à dire Frédéric Chéron, chef de service Socles techniques de l'INA. *Des archives physiques et papier conservées dans de bonnes conditions d'hygrométrie et de température n'ont pas de date de péremption, au contraire du numérique : si on laisse la donnée sur étagère (c'est-à-dire le support de stockage, ndlr), on n'arrivera plus à y accéder et elle va disparaître.* » Il faut « migrer » de technologie avant que celle-ci ne devienne obsolète. De la bobine de film 35 mm au disque dur et à la bande magnétique LTO (*Linear Tape-Open*) en passant par la cassette, 16 supports différents se sont succédé pour le cinéma et la

télévision depuis la constitution du fonds en 1914. En 2025, l'INA a achevé la migration de l'ensemble de ses données des LTO 7 (6 téraoctets) aux LTO 9 (18 téraoctets). Cela a pris 22 mois. « *C'est le plus grand copier-coller du monde !* », souligne Frédéric Chéron.

Du tri pour lutter contre le syndrome de Diogène

Bien que moins rapide d'accès qu'un disque dur, la bande LTO est aujourd'hui considérée comme la solution la plus durable dans le temps et pour l'environnement. Elle nécessite beaucoup moins d'énergie qu'un data center. « *C'est un format ouvert. Ce n'est pas une marque mais un consortium solide avec Sony, Fujifilm, Dell, HPE, Quantum, IBM...* », ajoute Frédéric Chéron. Il existe des formats dits « propriétaires » mais leur durabilité dans le temps est soumise à celle de l'entreprise. « *En tant qu'archiviste, les utiliser, ce serait se tirer une balle dans le pied*, insiste Frédéric Chéron. Avec LTO, on est rassurés mais pas sereins non plus. Que va-t-il se passer s'ils décident de tout arrêter au bout de la génération 11 ? »

Tout est toujours affaire d'intérêts privés. Le cloud, plébiscité par Amazon ou Google, est considéré par de nombreux utilisateurs comme la solution la plus sûre pour sauvegarder l'ensemble des données numériques. L'année 2021 a bouleversé cette certitude après qu'un incendie a ravagé le data center d'OVHcloud à Strasbourg, affectant des milliers d'entreprises et de services publics, dont ceux de l'Éducation nationale, et détruisant une quantité inconnue de données. Contrairement aux préconisations, aucune copie n'avait été faite.

Les institutions ont, quant à elles, adopté la règle des trois copies d'une même archive sur des supports et sites différents pour pallier cette éventualité. Chacune sa stratégie selon l'usage. Les Archives nationales misent sur deux stockages « à chaud » (disques durs), un « à froid » (LTO). Au contraire, la Bibliothèque nationale de France (BNF) a opté pour deux supports sur bande LTO et un sur disque dur. De son côté, l'INA réfléchit à optimiser son organisation pour répondre à des problématiques économiques comme écologiques : « *Le fonds sera toujours stocké sur une technologie LTO, la plus efficiente*, indique Alann Hery, responsable du département des Technologies. On réfléchit à la manière dont on pourrait

réagencer les fichiers de visionnage. En fonction de la fréquence de consultation d'un fichier, il n'est pas stocké au même endroit. S'il est consulté très fréquemment, il faut un accès rapide. » Via disque dur. « *Si c'est un usage exceptionnel, il sera stocké sur LTO.* » D'autres mesures de sécurité sont prises : extincteur à gaz inerte pour contrer un départ de feu, déshumidificateur pour conserver les bandes, deux systèmes d'alimentation distincts pour basculer le courant sur groupe électrogène en cas de panne électrique...

Les photos et archives personnelles, qui n'ont jamais été aussi nombreuses, sont également soumises à cette même obsolescence. « *On est dans une forme de syndrome de Diogène quand on cherche à tout conserver*, remarque le spécialiste de la conservation photo pour le réseau des musées de France et les Rencontres d'Arles, Pierre-Emmanuel Nyeborg. *Est-ce que l'on n'est pas dans une forme de névrose collective ? Il faut accepter que les choses ne sont pas immuables ou impérissables.* » À l'instar des professionnels des archives, le conservateur recommande de sélectionner les documents les plus importants du vrac de nos vies numériques et de « *faire plusieurs copies sur des disques durs, avec copies miroir qui ne sont pas stockées au même endroit* ». Là aussi, mieux vaut « migrer » ses archives d'un disque dur à l'autre avant que le premier ne rende l'âme.

Coût énergétique et environnemental

À l'ère du numérique, conserver n'est pas seulement une affaire de technologie : c'est aussi un enjeu environnemental. La question ne s'est d'ailleurs invitée que très récemment dans le monde des archives... et tout le monde n'a pas la même approche. « *On fait une sélection, on ne garde que ce qui a un intérêt historique (soit 10 % de la collecte de données). Le reste est détruit et ne consomme plus d'énergie*, souligne Bruno Ricard, chef du service interministériel des Archives de France au sein du ministère de la Culture et ancien directeur des Archives nationales. *On a fait le bilan carbone des Archives nationales. J'ai été surpris car ce qui pèse le plus, ce sont les ordinateurs des agents, les téléphones... et l'empreinte carbone des personnes qui viennent consulter des documents ou voir nos expositions. Cela permet de relativiser certains volets de notre activité que l'on pensait générateurs d'empreinte carbone importante.* »



↑ L'atelier d'Auguste Clot en 1930, Géo-Blanc, 1930
© Bibliothèque nationale de France

Olivier Piffault, directeur de la conservation à la BNF, est plus circonspect. « *Est-il plus intéressant que les gens consultent un document sur site ou à distance ? Est-ce que conserver des documents papier dans des bâtiments de plus en plus immenses avec une qualité de construction élevée pour atteindre un objectif de stabilité est plus ou moins cher que le data center ? Les bâtiments que l'on a construits sont conçus pour les données climatiques des dernières décennies... Que se passera-t-il à +4 °C ? Est-ce que mon magasin climatisé ou inerte va devenir un four ?* », s'interroge-t-il.

La biologie à la rescousse des archives ?

L'ADN est-il la solution d'avenir ? Une première expérimentation a eu lieu en 2021 aux Archives nationales. La Déclaration des droits de l'Homme et du citoyen (1789) et la Déclaration des droits de la femme et de la citoyenne rédigée par Olympe de Gouges (1791) ont été encodées sur des fragments d'ADN synthétisés et enfermés dans une petite capsule en métal inoxydable de la taille d'un bouchon de stylo. Indestructible, quasi éternelle et sans impact sur l'environnement, la solution semble idéale. « *Dans un million d'années, ces petites capsules seront toujours là*, assure Bruno Ricard. *Les archéologues du futur pourront lire ce qui est dessus. Le très gros enjeu est d'éviter que le XXI^e siècle soit le siècle de l'amnésie.* » L'archivage

sur ADN reste cependant expérimental. Cette technologie prend énormément de temps (plusieurs jours d'encodage et une heure de décodage via un séquenceur). Surtout : la lecture du brin d'ADN provoque sa destruction... Il faut donc de nombreuses copies pour s'assurer de ne pas perdre la mémoire.

Rien ne saurait pourtant détrôner le papier dans le temps. « *Les documents les plus anciens des Archives nationales datent du VII^e siècle après Jésus-Christ sur papyrus et sur parchemin. Ils sont lisibles et de bonne qualité* », rappelle Bruno Ricard. L'archaïque a ses avantages que l'électricité ignore. La BNF porte elle aussi un soin extrême à ses collections. « *On travaille avec des architectes pour avoir des bâtiments et espaces de conservation à température – entre 19 °C et 21 °C – et hygrométrie – 55 % – stables* », indique Olivier Piffault. Les insectes, les souris et les champignons y sont *personae non gratae*. Mais là encore, l'essor de la technologie menace la stabilité des collections. « *Le papier industriel en pâte de bois a une durée de vie estimée autour d'un siècle et demi parce qu'il contient des colles et des produits chimiques* », insiste-t-il. Contrairement aux papiers issus du chiffon qui ont démontré une résistance sur plusieurs siècles.

La photographie a subi le même sort. Les premiers tirages argentiques nous sont parvenus sans trop de dommages. La révolution des couleurs a égayé le présent mais entaché la qualité des clichés. « *C'est de la chimie complexe avec des colorants organiques* », explique Pierre-Emmanuel Nyeborg. Soumises aux aléas environnementaux (humidité, température, lumières...), les couleurs vives des années 1970 se sont peu à peu étiolées. « *Le colorant cyan s'affaiblit, se dégrade et disparaît avec le temps par exemple* », note-t-il. Les clichés prennent une teinte violacée-magenta. Qu'en restera-t-il dans 100 ans ? Impossible à dire pour le moment. De même, si le CD est voué à disparaître, son ancêtre le vinyle pourrait constituer le meilleur support pour conserver nos musiques actuelles. Nul besoin d'électricité pour le faire fonctionner. Il suffit d'une pointe en diamant pour pouvoir le lire. De quoi mettre à l'épreuve l'ingéniosité des archéologues du futur. •

Samah Karaki et Christophe Mangeant

Comment se projeter dans un futur incertain ?

propos recueillis par Christelle Gilabert

Comment nos sociétés humaines peuvent-elles se projeter et s’organiser face à l’incertitude de l’avenir climatique ? Nous avons demandé à deux spécialistes de partager avec nous leurs regards sur la question : Samah Karaki, chercheuse en neurosciences et fondatrice de l’association Social Brain Institute, et Christophe Mangeant, directeur de programme à la direction générale de l’Armement et auteur du livre *La Pièce manquante de la transition écologique française* (L’Harmattan, 2024).

Et si la réponse n’était pas dans la prédiction, mais plutôt dans l’action ? Pour la chercheuse et neuroscientifique Samah Karaki, ce n’est pas tant l’incertitude qui nous empêche d’agir face à la crise climatique, que l’incapacité des systèmes à se remettre en question pour créer les conditions d’un changement collectif et profond.

En tant que neuroscientifique, pouvez-vous nous expliquer comment notre cerveau réagit en contexte d’incertitude ?

L’incertitude est comprise comme une menace par le cerveau. Cela déclenche un système d’alarme qui active les mêmes circuits que ceux liés à la douleur, au malaise ou à la nausée. Des études montrent même que l’arrivée d’une configuration négative provoque moins de stress qu’une situation d’incertitude, même si l’issue peut s’avérer positive. C’est pourquoi lorsqu’une situation d’incertitude se présente, on va tout mettre en œuvre pour la réduire par la recherche d’informations et la mise à jour de notre système de prédictions. On va traiter ces nouvelles informations jusqu’à retrouver l’apaisement et transformer cette situation en une nouvelle façon d’appréhender le monde.

Comment cela se traduit-il dans nos comportements face aux menaces de l’avenir climatique ?

Lorsqu’il est difficile de se projeter, nous fonctionnons avec des configurations. En général, nous avons tendance à aller vers les plus simples, celles qui vont nous coûter le moins d’énergie, notamment en nous attachant à des scénarios qui nous confortent dans le statu quo. Par exemple, en se rassurant sur l’existant ou en se tournant vers des théories du complot. Pourtant, l’option la plus apaisante, et c’est un peu contre-intuitif, serait de se projeter dans la pire des configurations. Parce qu’en prévoyant le pire, nous pouvons nous préparer et nous organiser pour y faire face. Mais sortir du conformisme est un processus lourd qui coûte de l’énergie. Ceci étant dit, ce qui m’inquiète le plus aujourd’hui, c’est plutôt le phénomène d’habituation qui touche de plus en plus de monde. Les gens ne sont même plus surpris par ce qui arrive et perdent leur indignation. Cela vient notamment de notre capacité illimitée à pouvoir nous adapter à notre environnement, aussi bien à ses stimuli qu’à son fonctionnement. Avec cette mise à jour constante de notre système, on ne voit plus, on ne sent plus, et on finit par accepter des situations

délétères. Résultat, nous pouvons nous adapter à l’humiliation, à la violence, à la souffrance de soi-même et des autres, ou bien encore à la perte de droits. Et avec tout ce qui se passe dans le monde aujourd’hui, notre système est sursollicité et nous conduit dans une forme d’« engourdissement psychique ». Le signal d’alarme dans le cerveau devient un bruit de fond.

À l’inverse, pour certaines personnes, ces alarmes se révèlent plutôt source d’éco-anxiété. Comment analysez-vous ces peurs ?

Ce sont des réactions très saines et utiles, à condition qu’elles soient mobilisées en action et en organisation. Je me méfie des termes qui viennent psychologiser ces comportements car cela encourage à traiter ces problèmes de façon individuelle en psychothérapie en cherchant à réduire la détresse personnelle, plutôt que de s’attaquer à la situation d’urgence climatique dans laquelle nous sommes. Le meilleur moyen de les dépasser, c’est de se réunir avec les autres en étant centré sur une action qui, justement, nous décentre de nous-mêmes. La honte, la colère, l’anxiété, sont nécessaires au débat climatique, elles indiquent un manque de confort par rapport à une situation et doivent être transformées en urgence d’agir collectivement.

Justement, l’incertitude des événements à venir n’est-elle pas un frein à cette action collective ?

Dans le cas de la crise écologique, il ne s’agit pas seulement d’un problème d’incertitude. Dans l’Anthropocène, il y a beaucoup de choses que l’on peut désormais prédire, et notamment les conséquences de l’action humaine. Ce qui s’est produit à Valence ou à Los Angeles¹, par exemple, était prévisible. Le véritable problème ne réside pas dans l’incertitude, mais dans les choix politiques qui ont mené à ces situations. De plus, on ne peut pas remettre la faute sur une prétendue nature humaine qui ferait que l’on ne peut pas prédire ou agir en contexte d’incertitude. Il n’y a pas de nature humaine, comme on peut l’entendre souvent, au sens où nous aurions des cerveaux axés sur la consommation ou sur le pouvoir, qui expliquerait pourquoi on ne réagit pas à la crise climatique. Tenir ce genre de discours revient à biologiser et médicaliser un problème qui est d’ordre politique et social. La nature humaine ressemble à ce qui lui est présenté comme façon de vivre, et elle est conditionnée par la société dans laquelle elle vit. Pointer le cerveau des individus permet de déresponsabiliser les systèmes.

Pour se préparer aux catastrophes climatiques, une stratégie d’adaptation fortement mobilisée est celle de la résilience, mais c’est un concept qui vous dérange. Pourquoi ?

La résilience est la capacité à retrouver une position d’équilibre après un stress. Si j’ai de la fièvre, mon système immunitaire va me faire transpirer, puis je vais retrouver ma température d’équilibre. C’est de la résilience. Sauf que si j’ai une infection, retrouver mon état initial n’est pas suffisant, je dois plutôt chercher la racine du problème. Pour moi, la résilience est une forme de réaction symptomatique qui n’est pas radicale, c’est-à-dire qu’elle ne s’attaque pas à la cause du mal. Nous vivons dans des sociétés qui créent des chocs et qui, au lieu d’y remédier, cherchent des moyens pour y résister dans le futur. De ce fait, sur la question environnementale, plutôt que de remettre en question nos modes de vie, on préfère créer des programmes très coûteux pour encaisser les catastrophes à venir. C’est un manque d’intelligence collective !

Malgré tout, restez-vous optimiste sur notre capacité à changer ?

Quand je vois les mouvements, et notamment la jeune génération, qui expriment avec insistance leur refus de la situation ou inventent de nouvelles façons de vivre, cela me donne beaucoup d’espoir. Je tiens à rappeler que nous avons un système qui s’adapte d’une façon incroyable au changement, même si cela nous paraît impossible, même si l’on doit passer par des phases difficiles. S’il y a une chose à retenir de notre nature humaine, c’est notre capacité à mettre à jour le monde.

L’empathie est politique. Comment les normes sociales façonnent la biologie des sentiments,
Samah Karaki,
JC Lattès,
2024, 300 pages

Et si on modélisait notre avenir ? Spécialiste de la Défense nationale le jour, défenseur de l’écologie la nuit, dans son livre *La Pièce manquante de la transition écologique française* (L’Harmattan, 2024), Christophe Mangeant plaide pour la construction d’un outil national de prospective systémique capable de calculer des futurs physiquement soutenables. Un moyen de prédire pour ne pas subir.

Vous travaillez à la direction générale de l’Armement, un profil plutôt rare dans les débats autour de la crise écologique. Comment avez-vous commencé à vous intéresser à ces enjeux ?

Mon intérêt pour l’écologie est venu de façon totalement extérieure à mon milieu professionnel. Tout a commencé par un hasard de lecture. J’étais complètement novice à l’époque, je ne faisais aucun lien entre les combats de José Bové contre les OGM, la désertification ou les ours polaires. Puis, les premiers livres de Jean-Marc Jancovici dans les années 2005 m’ont fait découvrir l’énergie, le climat et l’écologie au sens large. Une petite porte d’entrée qui, dans les années qui ont suivi, au fil des rencontres et des discussions, s’est ouverte sur une pièce immense, celle de la transition écologique. La deuxième étape majeure a été en 2012, avec une autre lecture, celle du livre *Les Limites à la croissance* (ndlr : traduction du célèbre rapport Meadows *The Limits to Growth*, 1972). Je découvre que l’équipe scientifique du MIT² a élaboré un outil de prospective systémique, le modèle World3, permettant de calculer les évolutions physiques du monde à très long terme. C’est à partir de là que je fais le lien entre toutes les crises qui bouleversent nos sociétés. Pour moi, ça a été une véritable révolution.

En quoi ce modèle de prédiction World3 est-il particulièrement révolutionnaire ?

Révolutionnaire car il s’agit d’un modèle de prédiction systémique ! Sa première grande force est qu’il intègre, de façon très simple et dans un même modèle, tous les grands phénomènes physiques qui font le fonctionnement du monde tel qu’on le connaît : la population mondiale, les systèmes alimentaire et industriel, les ressources non renouvelables et la pollution. L’équipe, menée par Dennis et Donella Meadows, a agrégé toutes les recherches de l’époque afin d’établir, à l’échelle planétaire, l’évolu-

tion de ces grands flux physiques et de leurs interactions. De cette manière, et c’est sa deuxième grande force, il est totalement endogène, c’est-à-dire qu’il ne nécessite pas de faire appel à des hypothèses extérieures. L’outil pose le modèle du monde sur la table, et ensuite il suffit de le laisser tourner jusqu’à l’avenir souhaité, aussi lointain soit-il. Là, en l’occurrence, c’était 2100. World3 a ainsi permis de créer ce que j’appelle un « scénario prospectif de référence ». C’est un outil d’une puissance extrême, et jusqu’à présent, les hypothèses qui ont été formulées dans les années 1970 n’ont pas été démenties.

Ce type d’outil est la fameuse « pièce manquante » de la transition écologique française à laquelle vous faites référence dans le titre de votre livre. Pourquoi ? Que viendrait-il pallier dans notre façon d’envisager l’avenir ?

Malheureusement, ce modèle est resté dans un livre sans qu’aucun pays ne s’en empare. Pourtant, il nous permettrait de déterminer mathématiquement si nos sociétés humaines se dirigent droit dans le mur ou non, et d’anticiper les problèmes. World3 nous a montré, par exemple, que la disponibilité de ressources fossiles ou minérales allait jouer un rôle de premier ordre dans les décennies à venir. Si le monde manque d’acier, de cuivre ou de pétrole, cela change nécessairement les conditions physiques avec lesquelles nous devons traiter. C’est la même chose pour les problèmes de pollution, d’alimentation, etc. Et la France ne sera pas épargnée. Il nous faudrait un modèle « World3 France » qui intégrerait une échelle mondiale et une échelle nationale pour faire un couplage entre les deux. C’est d’autant plus important que nous avons franchi une grande part des limites planétaires et que nous vivons désormais dans un monde instable. Les contraintes physiques vont s’exercer quoi qu’il arrive, et de façon beaucoup plus dure. D’où l’intérêt pour un État d’avoir un outil pour mieux les quantifier et les modéliser.

En quoi se doter d’un tel outil en France pourrait changer notre capacité à s’adapter collectivement ? Et quelles seraient les conditions requises pour s’assurer que cela se fasse dans l’intérêt général ?

Sa construction mettrait dans le débat public des questions qui sont totalement absentes. La première : que sera la France en 2050 ou en 2100 ? Aujourd’hui, ce n’est pas considéré comme un enjeu. Personne ne se soucie de ce qui va arriver à si long terme. Ensuite, la deuxième question : qu’est-ce qui fait la société française ? Comment est-elle organisée politiquement et socialement ? À partir de là,

cela nous permettrait d’engager véritablement la réflexion : quelle France « pouvons-nous » d’ici 2100 ? Tant que l’on ne connaît pas le champ des possibles physiques, on ne peut rien décider. Cela devrait être le point de départ de toute réflexion politique. Or, on fait tout l’inverse. World3 nous rappelle l’importance de la physique. C’est pourquoi j’aspire à rapprocher cette connaissance scientifique du pouvoir politique. Mais pas n’importe comment. Si l’on se dote d’un World3 France, il faut que ce soit entièrement développé par l’administration publique française. Ce que j’appelle l’État avec un grand E, c’est-à-dire les collectivités territoriales, les grandes institutions publiques, les associations. Le tout, sous le contrôle du Parlement, et avec l’interdiction de sous-traiter à des entreprises privées. Ensuite, il faudrait que ce soit fait avec des non-experts pour ne pas en faire une boîte noire inaccessible au commun des mortels.

Malgré l’intérêt de ces prédictions, êtes-vous optimiste quant à la capacité des sociétés humaines à engager les changements nécessaires ?

Malheureusement non, car nous avons aujourd’hui des dirigeants complètement enfermés dans une vision néolibérale et qui accordent une importance surdimensionnée à la technologie. Et ce faisant, ils excluent d’emblée les aspects de modification sociale. Ils ne veulent pas changer les logiques actuelles de libre concurrence, de production et de consommation effrénée. Donc, je pense que les difficultés sont devant nous et que nos gouvernements sont à côté de la plaque. Pourtant, il y a une vraie nécessité d’anticiper et de reprendre notre destin en main. Aujourd’hui, on subit. Mon vœu serait que nous arrétions de subir, car les choix que nous aurons à faire seront de plus en plus critiques. •

La pièce manquante de la transition écologique française: Un modèle numérique à construire,
Christophe Mangeant,
Éditions L’Harmattan,
2024, 272 pages

1. Fin octobre 2024, des pluies exceptionnellement fortes ont provoqué des inondations dévastatrices dans la ville de Valence (Espagne) et sa province. En janvier 2025, une série de violents incendies a ravagé la ville de Los Angeles et ses régions environnantes en Californie.

2. Massachusetts Institute of Technology.

TEMPS QUI PASSE

Pourquoi le temps semble-t-il passer plus vite quand on vieillit ?

texte Pauline Fricot

Des neurosciences à la psychologie, en passant par les mathématiques, des chercheurs issus de disciplines variées explorent cette impression que le temps s'accélère avec l'âge. Reste à déterminer dans quelle mesure cette sensation est réelle...

À l'enfance, tout semble durer une éternité : les vacances, l'année qui sépare deux anniversaires, les heures jusqu'au goûter. Puis cette sensation s'inverse avec l'âge, les journées défilent et Noël arrive toujours plus tôt. Depuis les années 1980, des chercheurs de tous horizons tentent de trouver une explication à ce phénomène : pourquoi le temps semble-t-il s'accélérer à mesure que l'on vieillit ? Cette impression met d'abord en exergue un élément : le temps est, en partie, subjectif. Adrian Bejan, professeur de thermodynamique, distingue ce qu'il nomme le « temps de l'horloge » du « temps mental ». Le premier correspond à l'écoulement immuable et régulier des secondes. Le second symbolise quant à lui notre perception fluctuante des heures qui passent.

Pour le physicien, cette sensation que le temps s'accélère avec l'âge trouve son origine dans l'évolution de notre cerveau, et plus particulièrement dans la dégradation progressive de notre métabolisme. En vieillissant, le cerveau reçoit de moins en moins d'informations. D'abord car nos yeux réalisent moins de saccades, ces mouvements rapides de l'œil. « *Regardez comme, contrairement aux adultes, les yeux des bébés bougent d'un endroit à l'autre* », illustre Adrian Bejan. Un enfant perçoit donc davantage d'éléments de son environnement. De plus, au fil du temps, le cerveau traite plus lentement les images reçues car le vieillissement des circuits neurobiologiques ralentit ce processus. Résultat : les journées semblent moins riches en événements, et donc « *le coucher du soleil semble arriver plus vite* », note le scientifique.

Cette explication ne fait cependant pas consensus. Selon le mathématicien Christian Yates, notre perception du temps est plutôt liée à la durée de notre existence. Alors qu'une année représente la moitié de la vie d'un enfant de 2 ans, elle représente seulement 5 % de la vie d'une personne de 20 ans. Un an devient un fragment de plus en plus infime de notre existence et semble donc passer toujours plus rapidement.

Une perception à contretemps

John Wearden, professeur émérite de psychologie, reste néanmoins sceptique. Notre rapport au temps est selon lui bien plus complexe. Il aime citer l'exemple de sa propre mère, qui estime à la fois que les journées sont longues, mais que les mois passent vite. « *Les gens disent spontanément que le temps semble passer plus vite avec l'âge, mais les revues systématiques (travail de synthèse des connaissances, ndlr) ne trouvent pas vraiment ce résultat* », observe le chercheur. Deux études viennent par exemple contredire cette idée. L'une, menée par John Wearden et la psychologue française Sylvie Droit-Volet sur la perception du temps des seniors, montre que les personnes de plus de 75 ans en maison de retraite trouvent en moyenne le temps plus long que les personnes de moins de 75 ans vivant dans leur maison. Plus récemment, la psychologue britannique Ruth Ogden a réalisé une étude sur l'appréhension du temps pendant le confinement. Elle souligne que 80 % des 604 personnes interrogées ont connu une « distorsion du temps ». Si pour la moitié d'entre elles le temps s'était accéléré, il avait ralenti pour les autres. L'âge a été un facteur déterminant dans ce ressenti : le temps est globalement passé plus lentement pour les personnes de plus de 60 ans.

Nous pouvons supposer que des personnes âgées en maison de retraite sont moins occupées, et que, lors du confinement, les seniors – ayant eu moins accès aux outils de communication numériques – se sentaient plus isolés. Selon le professeur d'histoire de la psychologie néerlandais Douwe Draaisma, notre perception du temps est justement liée à la routine et à l'ennui. Notre cerveau imprime en priorité les éléments nouveaux. Plus une journée est riche en changements, plus elle semble s'étendre. C'est pourquoi un week-end en voyage paraît plus long qu'à la maison. À l'inverse, une heure d'ennui semble durer une éternité sur le moment, mais ne s'enregistre pas dans le cerveau. La journée est donc comme

« amputée » d'une heure. Or, plus nous vieillissons, moins nous vivons d'expériences inédites. Suivant cette analyse, l'âge joue donc un rôle dans notre perception du temps, mais il n'est pas le seul facteur.

Mesurer notre rapport au temps

« *C'est une situation inhabituelle où il y a beaucoup d'explications mais aucun phénomène à expliquer* », conclut John Wearden. Car comment mesurer, physiquement, notre ressenti ? Aucune région du cerveau n'a pour le moment été directement associée à l'appréhension du temps. « *Certains chercheurs ont même suggéré qu'il n'y avait pas de zones spécifiques, et que notre perception était effectuée par des réseaux diffus qui pourraient être n'importe où* », explique le psychologue. En 2021, une équipe du CNRS a identifié des neurones capables de coder le temps qui passe, situés au cœur de notre cerveau. Mais ceux-ci ne disent rien de notre perception. « *Nous ne savons pas vraiment pourquoi les gens ont cette impression, note John Wearden. Soit ce sentiment est bien réel, et il s'agit d'une sensation que les philosophes qualifient d'incorrigeable, comme la douleur. C'est-à-dire que si vous affirmez avoir mal, vous pouvez mentir, mais ne pas vous tromper. Soit cela pourrait simplement être une fausse croyance, comme penser que la Terre est plate.* »

La science n'a néanmoins pas dit son dernier mot. En 2024, une étude de l'université américaine George-Mason a montré que plus une image est marquante, plus nous avons l'impression de l'avoir regardée longtemps. Un premier pas pour trouver, un jour, un moyen de freiner la course du temps ? « *Généralement, les situations où le temps ralentit ne sont pas agréables. Elles sont souvent effrayantes, intenses ou bouleversantes* », répond le neuroscientifique et auteur de l'étude Martin Wiener, sur le site de l'université. Possible donc, mais peut-être pas souhaitable ! •



Pourquoi la vie passe plus vite à mesure qu'on vieillit ?, Douwe Draaisma, Flammarion, 2008, 432 pages

Imagi- naires

86

Portfolio

Carte blanche
à Eric Tabuchi
et Nelly Monnier

92

**Temps et
représentations**

BIM 4D et choix
de mobilité(s)

98

**La petite
histoire de
la mesure
du temps**

100

Voyage

« Slow life »,
« slow tourisme »...
la lenteur dans
tous ses états

104

Techno-utopies

Dave Karpf,
« *Comme
les milliardaires
de la tech imaginent
créer un avenir
lointain radieux,
ils ne se soucient
pas du présent* »

108

Science-fiction

Roland Lehoucq,
« *Le “there is no
alternative” n'existe
pas en SF* »

112

Portfolio

Saint-Lazare,
180 ans d'architecture
d'une gare parisienne

PORTFOLIO

Carte blanche à

Eric Tabuchi et Nelly Monnier



Depuis 2017, les artistes Eric Tabuchi et Nelly Monnier documentent, publient et exposent des photographies du paysage et du bâti français pour l'*Atlas des Régions Naturelles* (ARN), initiative au long cours dont ils sont les seuls commanditaires. Leur site internet archive-arn.fr permet déjà de consulter quelque 15 000 images à travers le découpage géographique des pays, régions aux frontières poreuses, complété par de nombreux critères thématiques détaillant l'époque, le matériau, la forme, l'utilité.



← Sens, Sénonais, 2017
© *Atlas des Régions Naturelles*,
Eric Tabuchi
& Nelly Monnier

↑ La Pougé,
Haute Marche, 2018
© *Atlas des Régions Naturelles*,
Eric Tabuchi
& Nelly Monnier

Après des études de sociologie, **Eric Tabuchi** commence son travail photographique. Il publie plusieurs livres chez Florence Loewy (*Hyper Trophy*, *Alphabet Truck*) puis *Atlas of Forms* chez Poursuite. Les typologies architecturales constituent le principal de son œuvre.

Nelly Monnier étudie à l'École des Beaux-Arts de Lyon où elle développe un travail de peinture et d'écriture sur les signes distinctifs (architecturaux, décoratifs ou publicitaires) qui animent les milieux ruraux. Les deux artistes ont récemment publié six volumes de l'*ARN* chez Poursuite et GwinZegal. Leur travail commun a été récemment exposé à la Villa du Parc (centre d'art contemporain d'Annemasse), au Frac Méca (Bordeaux), aux Rencontres d'Arles, chez Arc en Rêve (centre d'architecture de Bordeaux) ou encore à l'Artothèque de Caen.

→ Cancon,
Haut Agenais,
2022
© Atlas
des Régions
Naturelles,
Eric Tabuchi
& Nelly Monnier

↓ Graçay,
Champagne
berrichonne, 2022
© Atlas
des Régions
Naturelles,
Eric Tabuchi
& Nelly Monnier



↑ La Guérinière,
Marais breton, 2019
© Atlas des Régions
Naturelles,
Eric Tabuchi
& Nelly Monnier



↑ La Roche-en-Brenil,
Morvan, 2021
© Atlas des Régions
Naturelles,
Eric Tabuchi
& Nelly Monnier



← Lourdes,
Lavedan, 2017
© Atlas
des Régions
Naturelles,
Eric Tabuchi
& Nelly Monnier

↓ Mazé, Val
d'Anjou, 2024
© Atlas
des Régions
Naturelles,
Eric Tabuchi
& Nelly Monnier



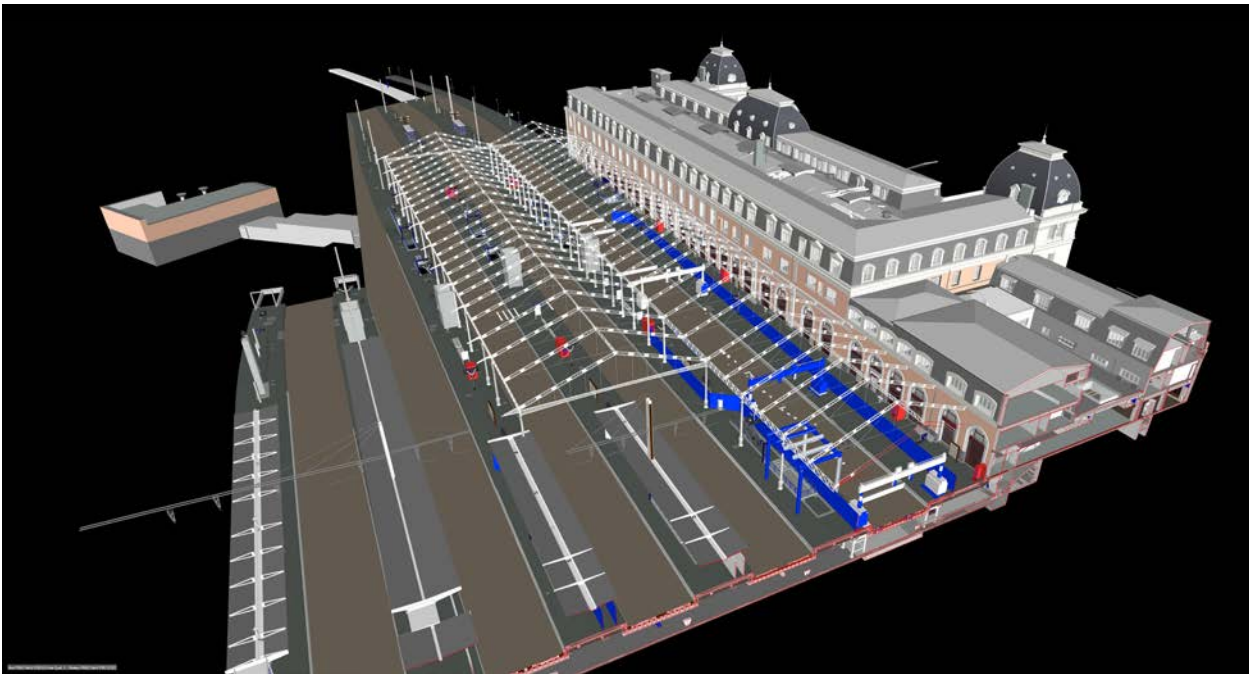
TEMPS ET REPRÉSENTATIONS

Représenter le temps avec le BIM 4D

Comment représenter le temps dans les projets ? Le BIM est-il un outil adapté ?

propos recueillis par Morgane Delarc

Rencontre avec deux spécialistes d'AREP : Marie Chaumaz, responsable BIM & data management à la direction de l'ingénierie, et Stanislas Taboureau, responsable de l'unité stratégie numérique & data de la direction management de projet AMO.



↑ Gare de Toulouse-Matabiau, extrait vidéo du projet Matabiau 2023 en 4D © AREP
↓ Démonstration de l'animation d'éclairage jour/nuit lors des formations BIM chez AREP © AREP



Qu'est-ce que le BIM ? Cet outil prend-il en compte la dimension du temps ?
Le BIM (*building information modeling*, ou modélisation des informations du bâtiment) est une méthode de travail innovante pour les projets de construction, basée sur l'exploitation d'une maquette numérique 3D intégrant des données rigoureusement structurées. La quantité et la nature des données varient en fonction de l'usage auquel est destinée cette maquette numérique. Chaque élément modélisé peut ainsi comporter diverses informations telles que sa localisation, son nom, sa description, son coût, sa quantité, son volume, sa surface, sa marque, sa composition, ses matériaux, sa structure, son poids carbone, sa résistance thermique, sa résistance au feu et bien plus encore. Lorsque l'information temporelle – paramètre qui nous intéresse ici – est intégrée à la maquette numérique, on parle de BIM 4D. Cette dimension temporelle permet d'illustrer le cycle

de vie du bâtiment (construction, rénovation, démolition, réemploi), l'avant et l'après du projet, le phasage et la logistique du chantier, l'aspect patrimonial, c'est-à-dire l'évolution à long terme de l'état du bâtiment, l'exploitation-maintenance (durée de garantie des équipements, maintenance régulière), l'évolution du contexte urbain autour du projet, les différents moments de la journée (jour et nuit), la météo, le climat, ou encore l'évolution des usages du bâtiment.

Comment peut-on représenter le temps avec le BIM 4D ?

Lorsqu’il est question de BIM 4D, l’application la plus répandue consiste à associer un planning de chantier avec une maquette numérique pour communiquer efficacement avec les parties prenantes. Le processus débute généralement par la définition des étapes à représenter, ajustant la granularité des phases (le détail du phasage) selon les besoins de représentation. Chaque composant du projet de construction dans la maquette numérique contiendra des données sur sa préexistence, sa démolition et sa création pour chaque phase de construction. Le planning du chantier est généralement représenté par un carnet de phasage, constitué de plans, coupes ou vues en 3D extraits de la maquette. Le logiciel permet d’appliquer des choix graphiques (comme les couleurs et les types de lignes) aux différents états des objets à chaque phase : par exemple, le rouge pour les éléments démolis, le bleu pour les éléments créés et le noir pour les éléments existants. En complément, ce phasage peut être représenté sous forme de vidéo, où la modélisation 3D est animée. Le calendrier est illustré comme un *time-lapse* du chantier, affichant les éléments en fonction des dates, introduisant la notion de durée de chaque étape. Ces vidéos peuvent également indiquer les volumes nécessaires à l’installation des équipements ou simuler le cheminement de certains éléments dans le chantier.

Outre le BIM 4D, la maquette peut simuler divers facteurs temporels grâce à sa géolocalisation. Elle prend en compte la saison, l’heure, l’occupation, la météo et la température. Le temps est souvent représenté par l’éclairage et les ombres, mais peut aussi montrer les flux d’usagers en 2D, 3D ou vidéo. La réalité virtuelle permet de percevoir les espaces et la lumière. Il est égale-

ment possible de représenter le temps pour illustrer la biodiversité en montrant l’évolution de la végétation. Les projets sont souvent présentés avec des images de végétation mature, ce qui ne sera pas encore le cas à la livraison. La modélisation paramétrique utilisée par les logiciels BIM permet d’afficher un arbre à différents stades de croissance.

Quel est l’intérêt de cette démarche ? Est-elle courante ou présente-elle des complexités ?

Il est essentiel de distinguer la représentation technique de la représentation commerciale du BIM 4D. Cette dernière est utilisée pour promouvoir le projet. La représentation technique permet une coordination qui améliore le processus de construction. Deux options existent : soit les éléments du projet sont uniquement représentés dans leur position finale, soit la construction est simulée en incluant les espaces nécessaires à l’installation ou à la construction des éléments. Il est également possible de valider le trajet d’arrivée du matériel, les trajectoires des personnes à mobilité réduite et l’implantation des installations de chantier. Grâce à la 4D sous forme de vidéo, il est possible d’introduire des points de vue variés, permettant ainsi de ne pas se limiter à une représentation plane du projet global. On peut tourner autour du bâtiment, zoomer sur des aspects spécifiques et ralentir le temps afin de détailler les étapes complexes ou cruciales du projet. La vidéo est fréquemment employée pour ses qualités didactiques et pédagogiques.

Cette approche se popularise. Les maîtres d’ouvrage demandent de plus en plus l’intégration de la 4D dans les études. Chez AREP, cette coordination technique *via* la 4D est cruciale en raison de notre expertise dans la réalisation de projets de bâtiments recevant du public dans des sites tou-

jours en activité. Il est nécessaire de gérer un phasage souvent complexe pour assurer le pré- et post-acheminement des clients tout au long des étapes du chantier, en minimisant l’impact des interruptions du trafic ferroviaire.

La démarche BIM 4D présente des avantages moins médiatisés en matière de représentation temporelle. Elle permet de modéliser divers scénarios de projets, de concevoir des bâtiments réversibles et de prévoir des événements ponctuels ayant un impact significatif, comme l’organisation des grands événements sportifs de l’été 2024.

La dimension temporelle du BIM offre des avantages mais pose aussi des défis : graphismes parfois insatisfaisants, gestion complexe des données temporelles, nécessité de logiciels compatibles et de formats standardisés. Bien que chaque logiciel certifié BIM puisse être utilisé, il est crucial de trouver une méthode commune pour garantir la cohérence géométrique et temporelle des maquettes d’un projet. Ce processus entraîne des coûts en termes de temps, matériel et logiciels.

Le BIM 4D, associé à la dimension « coût » (le BIM 5D), permet entre autres de facturer les travaux et d’évaluer les ressources nécessaires, notamment le nombre d’ouvriers. Chez AREP, nous valorisons aussi le BIM 6D pour sa dimension environnementale : il facilite la gestion des émissions de carbone, l’utilisation des matériaux et des ressources et la réduction des déchets. Le BIM, dans ses différentes dimensions (4D, 5D et 6D), permet de promouvoir des pratiques de construction intégrées, durables et responsables. •

Temps et choix de mobilité(s)

texte par Antoine Guriec et Matthieu Goudeau

La valeur que chacun accorde à son temps de déplacement influence non seulement nos choix individuels en matière de mobilité, mais aussi les décisions des pouvoirs publics dans le développement des infrastructures de transport.

“Time is money.” Lorsque Benjamin Franklin écrit cette phrase en 1748, il crée pour la première fois un lien entre le temps et l’argent, les faisant apparaître comme deux notions substituables. Aujourd’hui intériorisé par certains comme une évidence ou critiqué par d’autres qui y voient une mise en slogan de la voracité capitaliste, ce proverbe n’est pas sans écho avec le champ de l’étude des déplacements.

Le temps comme quantité mesurable, et donc donnée objective

Le déplacement est intimement lié aux trois dimensions de l’espace et à celle du temps. Les études de mobilité recourent fréquemment au temps, soit comme variable isolée, soit en relation avec les distances (vitesse), afin de déterminer les performances des modes de déplacement à déployer sur les territoires. Outre les graphiques où le temps est porté en abscisse, l’isochrone est une représentation utilisée autour d’un point comme une gare ou un équipement dont on cherche à améliorer l’accessibilité. Il permet de visualiser la part du territoire – et ce qu’il compte d’habitants – située à moins de 5, 10 ou 15 minutes à pied ou à vélo, par exemple, et donc d’estimer une aire de chalandise pour ce point d’intérêt. Le temps est ici utilisé comme donnée objective pour représenter une réalité partagée, avec un niveau

d’approximation limité¹. Mais il n’en va pas toujours de même, notamment lorsqu’il s’agit de modélisations de trafic et d’évaluations socio-économiques des projets de transport.

Un temps « ressenti » à valoriser pour établir le coût généralisé du déplacement

Le temps est un paramètre central des modèles de prévision puisqu’il constitue un des principaux facteurs d’arbitrage pour des déplacements dont on cherche à réduire la durée. C’est là que la représentation du temps prend toute son épaisseur et sa complexité. S’il est systématiquement déterminant dans le choix du mode de déplacement ou de l’itinéraire, le temps n’est pas le seul paramètre pris en compte. Tout choix de déplacement est un arbitrage entre coût monétaire, temps de parcours et d’autres critères plus difficiles à quantifier comme le confort ou l’esthétique, qui influent sur la façon dont le temps est ressenti, et donc sur sa valeur.

Conceptuellement, cette valeur repose sur l’idée que chaque individu dispose de ressources limitées en argent et en temps. Il va donc chercher à optimiser l’allocation de ces deux ressources et les valoriser à la mesure de leur rareté. La valeur accordée au temps sera par exemple moins déterminante chez un étudiant peu fortuné se rendant chez un ami pour le week-end (il pourra envisager le covoiturage, voire

l'autostop), que chez un cadre supérieur cherchant l'option la plus rapide pour se rendre à une réunion professionnelle. Pour les modélisateurs, il s'agit donc de mettre tout cela en équation en affectant à chaque déplacement – caractérisé par son couple origine/destination, son itinéraire et son mode – un coût généralisé. On peut le définir par la somme du coût monétaire du déplacement (€) et du temps de déplacement pondéré par la valeur moyenne du temps ressenti par les usagers (en € également)² :

$$C_{ij} = C m_{ij} + T_{ij} * V d T$$

Avec

C_{ij} le coût généralisé du déplacement entre les zones i et j

$C m_{ij}$ le coût monétaire du déplacement entre les zones i et j

T_{ij} le temps de déplacement entre les zones i et j

$V d T$ la valeur du temps

Cette approche micro-économique suppose que *l'homo economicus* rationnel choisira le mode de transport pour lequel le coût généralisé est le plus faible (principe de Wardrop). Les valeurs du temps utilisées dans les modélisations sont généralement issues d'enquêtes dites de préférences déclarées³ réalisées auprès des publics considérés. L'écart entre les durées déclarées (ou ressenties) et les durées réelles de déplacement permettent de calibrer la valeur du temps en introduisant des coefficients de pondération liés à différents facteurs, comme la pénibilité du déplacement. On double par exemple les plages de temps nécessaires pour accéder aux modes de déplacement ou effectuer une correspondance, le plus souvent à pied. À la base des modélisations multimodales cherchant à prévoir comment se comporteront les usagers si l'on modifie l'offre de transport, cette mise en équation du temps et sa monétarisation soulève certaines questions, et la variabilité des arbitrages autour de cette rationalité théorique reste élevée. La faute au niveau d'information des usagers (connaît-on toujours bien les alternatives dont on dispose et leurs coûts généralisés respectifs ?) ou à d'autres facteurs, tels que l'aversion au changement ou à l'image qui est parfois associée à certains modes de transport.

Le temps, une variable-clé pour valoriser – et justifier – un projet de transport
La monétarisation du temps est aussi utilisée dans l'évaluation socio-économique des projets d'infrastructure de transport, dont il s'agit de démontrer la rentabilité pour qu'ils soient déclarés d'utilité publique. Comment compenser les lourds investis-

sements financiers et le déséquilibre des coûts de fonctionnement d'une nouvelle ligne de transport collectif en site propre (TCSP)⁴ ? En monétarisant le temps que cette ligne va faire gagner aux automobilistes jusqu'alors coincés dans la congestion ! Parmi les nombreux effets induits comptabilisés par l'évaluation socio-économique (effet des émissions polluantes et du bruit sur la santé, réduction de l'usure de la voirie, baisse des émissions de gaz à effet de serre, etc.), le temps gagné est un paramètre qui pèse souvent lourd pour justifier un tel projet, en partant du principe que ce temps sera utilisé pour une autre activité productive et donc monétisable (travailler, consommer...).

Un logiciel à renouveler ?
Chacune à leurs échelles, métropoles, régions et nations se livrent une course effrénée à la compétitivité, à l'attractivité et à la performance. Dans un monde en croissance, utiliser des ressources (énergie, matière, sol) pour gagner du temps *via* le développement de nouvelles infrastructures de transport semble toujours aller de soi dès lors qu'on sait démontrer que les impacts sur l'environnement peuvent être, d'une manière ou d'une autre, évités, réduits ou compensés (ERC). Mais ce « logiciel » et cette manière de valoriser le temps ont-ils toujours du sens dans un monde post-carbone aux ressources limitées ? Ce basculement devrait remettre en question notre représentation du temps, au point d'inverser la logique qui prévaut aujourd'hui⁵ pour valoriser davantage la frugalité, l'intensité d'usage et la préservation de nos ressources. •

1. Il s'agit d'établir une vitesse moyenne par mode de déplacement, entre 3 et 5 km/h pour la marche, entre 15 et 20 km/h pour le vélo.

2. Crozet, Y., Mercier, A. & Ovtracht, N. « Évaluer les impacts sociaux des politiques de mobilité urbaine : de l'accessibilité spatiale à l'accessibilité sociale », *Cahiers de géographie du Québec*, 56(158), 381–403, (2012).

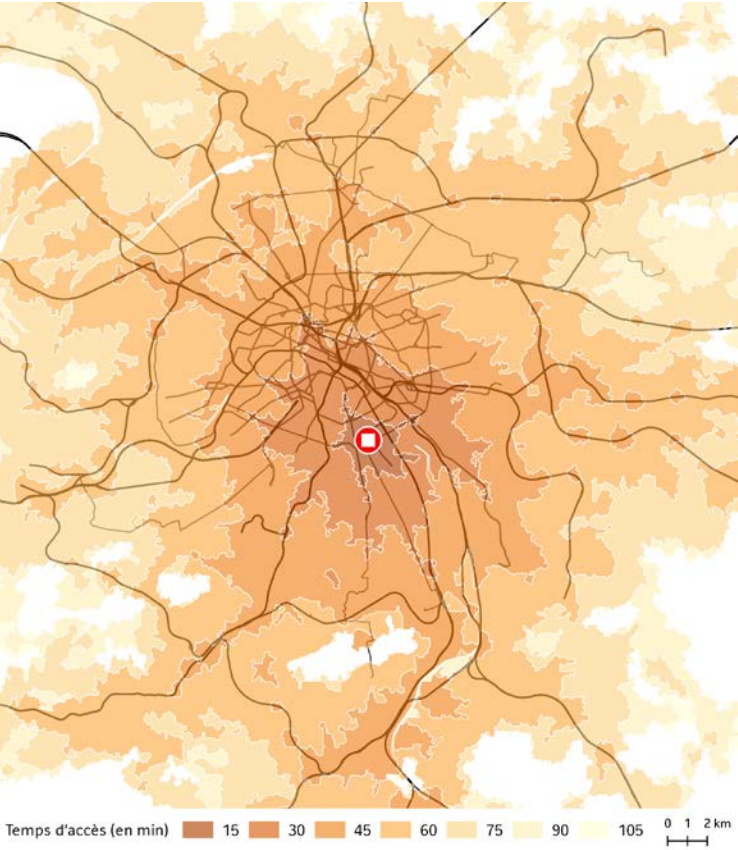
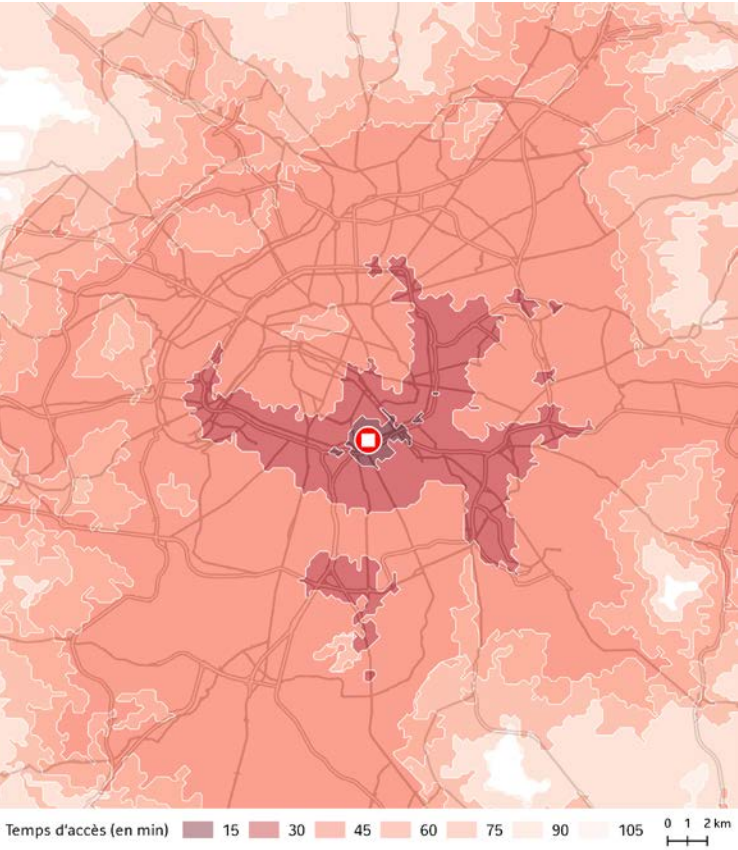
3. Ces enquêtes permettent de quantifier le comportement potentiel des individus face à une situation nouvelle à laquelle on les confronte.

4. Ligne de transport en commun disposant d'une voie et d'une infrastructure dédiées pour sa circulation (non partagées avec les voitures).

5. « Offrir » plus de temps aux populations pour qui il a le plus de valeur, en créant de nouvelles infrastructures de transport ou en accélérant les offres de transport existantes.

→ Carte isochrone de l'accessibilité en transports en commun du Bassin parisien
© AREP

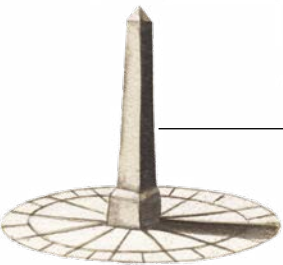
→ Carte isochrone de l'accessibilité en voiture particulière dans le Bassin parisien
© AREP



LA PETITE HISTOIRE DE...

La mesure du temps

textes Victoire Radenne illustrations Claire Martha



Le gnomon, 2400 av. J.-C.
Il s'agit d'un simple bâton planté à la verticale dans le sol, dont le mouvement de l'ombre permet de suivre le déplacement du soleil. Il est utilisé jusqu'au Moyen Âge dans le Bassin méditerranéen ainsi qu'en Chine, et pose les bases de l'astronomie et du découpage des journées en heures, dont la durée varie selon les saisons.



La clepsydre, environ 1400 av. J.-C. Développée en Égypte puis perfectionnée par les Grecs, la clepsydre, aussi appelée horloge à eau, est utilisée dès l'Antiquité. Elle mesure le temps par écoulement d'un liquide d'un récipient vers un autre et sert notamment à limiter la durée des discours en justice. Son principe inspirera les sabliers et les horloges mécaniques.



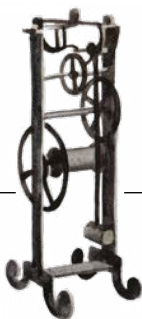
La chandelle horaire, X^e siècle. Instrument médiéval par excellence, la chandelle horaire est une sorte de bougie, graduée sur sa face extérieure, qui brûle à vitesse régulière, permettant ainsi d'estimer la durée de combustion écoulée. Elle aurait été inventée vers 870 par le roi anglo-saxon Alfred le Grand, qui s'en est servi pour connaître les heures de ses prières la nuit. Elle servait également aux monastères et aux veilleurs de nuit.



L'horloge mécanique, fin du XIII^e siècle. Son invention marque une révolution dans la mesure précise et autonome du temps. Son fonctionnement ? La chute d'un poids, grâce au principe de gravité, actionne des rouages qui sonnent l'heure. La première horloge mécanique est installée à l'abbaye de Saint-Albans, en Angleterre, vers 1286. Ce fut l'une des premières horloges publiques mais, curieusement, elle n'avait pas de cadran. Les heures étaient indiquées par des coups de cloche.



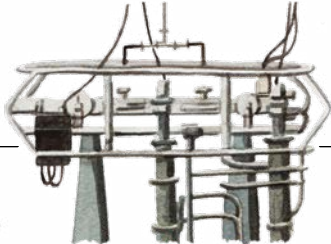
Le pendule de Galilée, XVII^e siècle. En observant une lanterne suspendue qui oscillait au cœur de l'église de Pise, en Italie, Galilée remarque que son temps d'oscillation reste constant, quelle que soit l'amplitude de son mouvement. C'est ce que l'on appelle le principe d'isochronisme. Cette découverte le conduit à formuler sa théorie sur la régularité des pendules, révolutionnant la mesure du temps.



L'horloge à ressort, 1675. À partir de la découverte de Galilée, le mathématicien hollandais Christiaan Huygens construit la première horloge à pendule fonctionnelle. Le principe de son invention est de remplacer les poids par un ressort pour entraîner le mécanisme. Ceci a permis d'établir des horloges plus compactes et portables, tout en intégrant un pendule pour une meilleure régulation du temps. Les prémices de la montre au poignet, en somme.



La synchronisation mondiale du temps, aujourd'hui.
La synchronisation mondiale du temps repose essentiellement sur les horloges atomiques et les satellites, qui émettent des signaux horaires précis captés par des récepteurs au sol. Ils rythment les navigations, l'organisation du travail et de la vie privée, et l'ensemble des communications à travers le monde, comme le trafic maritime commercial.



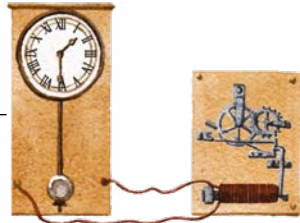
L'horloge atomique, milieu du XX^e siècle. Inventée dans les années 1950 par Louis Essen et Jack Parry, d'après les travaux du physicien Isidor Isaac Rabi, l'horloge atomique repose sur les vibrations des atomes, notamment du césium. Ces horloges mesurent le temps avec une précision extrême, car elles utilisent la fréquence constante des transitions entre états énergétiques des atomes pour définir une seconde.



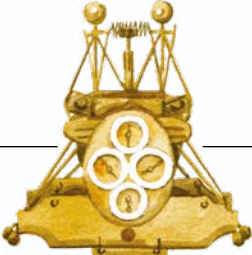
L'horloge à quartz, 1927. Développée par Warren Marrison et J.W. Horton, alors ingénieurs aux Bell Telephone Laboratories (New Jersey, États-Unis), elle utilise un cristal de quartz vibrant à une fréquence stable sous courant électrique et révolutionne la précision du temps. Son grand avantage : elle est dix fois plus précise que les meilleures montres mécaniques, car elle ne « perd » qu'une seconde tous les six ans.



La création des fuseaux horaires, 1884. Avec l'essor du chemin de fer et du commerce international, le besoin d'une référence horaire commune se fait sentir. Cette année-là, lors de la conférence internationale de Washington, le système des fuseaux horaires est établi, basant officiellement le temps sur le méridien de l'Observatoire royal de Greenwich. Dès lors, le temps moyen de Greenwich (GMT) est la référence pour les fuseaux horaires du monde entier.



L'horloge électrique, 1841. L'horloger écossais Alexander Bain développe le prototype de la première horloge électrique. L'énergie est fournie par une pile qui alimente un électro-aimant faisant osciller un pendule. Cette technologie permet deux avancées majeures dans l'horlogerie : la suppression du remontage manuel régulier et la possibilité de transmettre l'heure à distance via un réseau de fils électriques.



Le chronomètre de marine d'Harrison, 1735. Inventé par l'horloger britannique John Harrison, il a permis de relever un défi crucial pour les marins : déterminer la longitude en mer. Le secret ? Mesurer la différence entre l'heure locale (déterminée par l'observation du soleil) et l'heure du méridien de Greenwich, en Angleterre, alors utilisé comme référence par de nombreux navigateurs, dont le point de longitude est à 0°.

Elle a servi à connaître les heures de prière, à limiter la durée des discours en justice avant d'être aujourd'hui synchronisée à l'échelle mondiale... La mesure du temps traduit notre perpétuelle quête de précision, mais aussi notre rapport au monde. Retour sur les temps forts de son histoire.

VOYAGE

« Slow life », « slow tourisme »... la lenteur dans tous ses états

texte Caroline Vinet

Le « slow tourisme » est-il la solution pour contrer l’expansion du tourisme de masse ? Voyager lentement, prendre le temps de se déplacer, de se rencontrer et de découvrir de nouveaux espaces, même à deux pas de chez soi... Le mouvement gagne de plus en plus d’adeptes. Des « villes lentes » aux guides touristiques bénévoles, excursion en terrain ralenti. Apaisement garanti !

Saurez-vous trouver l’escargot ? Là, sur un mur. Ici, sur un transformateur EDF. Et celui-ci encore... ralentissez donc ! Prenez le temps de regarder la fresque d’un peu plus près. Le voyez-vous, caché au milieu des champignons, de l’autre côté du mur ? « *SLOW* », vous intiment les tags. « Ralentissez ! » Depuis 2022, Le Haillan (Gironde) et ses 11 000 habitants mangent, bougent, vivent « Cittaslow ». Ralentir. Prendre le temps de vivre...

Le mouvement Cittaslow

Né dans l’Italie de la fin des années 1990, inspiré du mouvement écologique et gastronomique de la « slow food », le mouvement d’urbanisme Cittaslow compte désormais 303 villes adhérentes dans le monde. Intégrer le réseau des « villes lentes », c’est passer par une commission d’évaluation¹ et adapter en permanence la politique de la ville (urbanisme, mobilité, vie associative...) pour suivre la philosophie Cittaslow.

La dernière ville de France reconnue par le très sélect réseau italien a fait du label à l’escargot un leitmotiv. « *Chaque fois que l’on fait quelque chose, on se demande : “Cittaslow ou pas Cittaslow ?”* », s’amuse Andrea Kiss, maire de la ville. La première décision post-labellisation ? Le passage aux 30 km/h dans toute la ville. Ralentir ou pas ralentir ? La décision est symbolique. Elle est l’incarnation de la démarche Cittaslow – association de *città* (« ville » en italien) et *slow* (« lente » en anglais).

« *L’intérêt du label est de prendre le temps plus que d’être lent*, explique Andrea Kiss. *On peut être une ville Cittaslow et être à la pointe du haut débit, par exemple – 99,9 % de nos administrés sont raccordés à la fibre. Ralentir, c’est à la fois une question de mobilité – on arrête de courir après le temps – et l’idée de passer du temps avec les autres.* » Passer en mode lent ne se fait pas sans encombre. La ville a banalisé sept de ses rues en sens unique pour développer les pistes cyclables. « *En dix jours, on observe déjà les changements de comportement*, raconte l’édile. *Mais certaines réactions peuvent être extrêmement violentes. Cette nuit, du matériel a été vandalisé ; on a arraché le panneau “sens interdit” et scié les potelets.* » Comme pour le passage aux 30 km/h, elle mise sur la pédagogie et le temps pour apaiser les passions. « *On sait que le temps nous donnera raison.* »

La politique de la lenteur s’étend sur tous les domaines. Frigo anti-gaspi devant la cantine scolaire, petites exploitations agricoles, dynamisme culturel... tout est pensé pour le « bien-vivre ».



↑ Lagos, Portugal © Vitor Oliveira

La ville de Lagos, en Algarve, est membre du réseau Cittaslow depuis 2008. Diverses actions « slow » y sont déployées : promotion de l’hospitalité et du tourisme durables, réhabilitation du bâti existant au détriment de constructions nouvelles, préservation des coutumes locales, valorisation des produits régionaux, agrandissement des zones piétonnes, des espaces verts et zones de loisirs, etc.

L’administration locale défend une politique d’urbanisme « *à visage humain* » : un tiers du territoire est réservé à l’industrie, un tiers à l’agriculture et à la forêt, et un tiers à l’habitat. Si le label Cittaslow vise également à promouvoir une forme de tourisme lent, Le Haillan assume d’être la seule des villes françaises du réseau à ne pas miser sur cet aspect de son développement. Dans la banlieue proche de Bordeaux, elle bénéficie déjà des retombées d’un tourisme plus local attiré par son cadre bucolique, son parcours de randonnée et son refuge périurbain sur pilotis. Patience, là encore, est maître-mot ! La petite cabane du Haut-Perché est gratuite... et prise d’assaut. Les réservations s’arrachent comme des chocolatinas un dimanche matin sur un marché.

Cittaslow et les petites villes

Plus petites, les autres villes labellisées Cittaslow sont également davantage tournées vers le tourisme. Lent, cela va de soi. Tout est d’abord affaire de transport. Si le tourisme représente 8 % des émissions de gaz à effets de serre à l’échelle mondiale, les trois quarts de celles-ci proviennent des déplacements. La chose est sue et répétée depuis quelques années : mieux vaut prendre le train que l’avion, faire du covoiturage que de prendre la voiture seul sur de longues distances. Question d’économie d’énergies. Alors, que font les villes pour accompagner cette révolution de la mobilité touristique ? Direction Créon, à 38 km du Haillan. La ville (4 800 habitants) est l’une des premières à avoir rejoint le réseau Cittaslow. C’est également la première ville de France à avoir installé une station vélo pour les cyclotouristes dès 2003. Une bataille dont se souvient encore l’ancien maire, Jean-Marie Darmian (1995-2014). Tout a commencé en 1999. Le cyclotourisme n’était pas encore à la mode. « *Je me suis pointé à Paris avec mon dossier. J’ai fait tous les ministères – Écologie, Transport... Je me suis fait jeter de partout. Personne ne voulait d’un projet qui vise la lenteur, sauf si les pistes cyclables remplaçaient la voiture. Le seul ministère à avoir accepté de me recevoir a été celui du Tourisme...* » Le projet est né. « *Au début, les gens venaient sur cette piste pour faire du vélo mais pas pour visiter*, poursuit l’ancien édile. *Peu à peu, une nouvelle vision du tourisme est apparue où l’on prend son temps, où l’on fait de grandes distances pour s’arrêter comme on peut et où on veut.* » Aujourd’hui, les voyageurs participent à 30 % du chiffre d’affaires des commerces de centre-ville entre mai et octobre. Reste une curiosité : les touristes au long cours sont pour la plupart étrangers (Anglais, Australiens, Japonais...). Et quelques ajustements sont à faire. Aucune aire de camping ni de sanitaires n’ont été pensés pour accueillir ces nouveaux visiteurs à deux roues. « *Ce qui obsède les élus, ce sont les longueurs de piste. Il faut repenser l’objectif ! Qu’est-ce que l’on fait de cette piste ? Dans quel but ? Que doit-on prévoir pour que les gens soient des utilisateurs heureux ?* », insiste Jean-Marie Darmian. Plus de 20 ans plus tard, l’initiative est un succès. Les pistes sont engorgées de vélos pendant l’été... comme un revers de médaille pour une ville qui se rêvait lente et éloignée du tourisme de masse. Pourra-t-elle renouveler son adhésion Cittaslow ? Rien n’est sûr. « *Le label vous incite à avoir une philosophie du lieu* »,

relativise au moins celui qui a relancé la confrérie de la Cagouille créonnaise en l’honneur de ce plat traditionnel local à base... d’escargots ! Philosophie du temps long et de la démocratie : « *On implique la population dans les projets. Même si parfois on n’est pas d’accord, il faut l’accepter ! Pourquoi aurait-on raison et eux tort ?* », résume Éric Truffi, président de Cittaslow France et maire de Simorre (700 habitants). Prendre le temps d’écouter ses habitants comme les voyageurs de passage.

Le choix et le luxe de la lenteur

« Slow life » et « slow tourisme » sont les deux faces d’une même pièce : que l’on y vive ou que l’on s’y rende, la « ville lente » entend offrir un cadre de vie aux antipodes de la mégalopole et du tourisme de masse. Outre les anglicismes empruntés à la culture marketing, le concept de slow tourisme reste pourtant aussi flou que peu académique, estime Vincent Vlès, professeur émérite à l’université Toulouse-Jean-Jaurès et spécialiste de l’urbanisme touristique. « *À partir de quand parle-t-on de “slow” ou de “fast” ?* », pose-t-il. L’ultra-fast tourisme n’est qu’un développement récent d’une activité qui remonte à la

↓ Llangollen, pays de Galles © Richard Croft
Membre de Cittaslow depuis 2013, la ville est située dans la vallée de la Dee, offrant un cadre exceptionnel pour la randonnée et autres activités de plein air. Réputée pour son canal – inscrit au patrimoine mondial de l’Unesco –, ses promenades pittoresques ou excursions en bateau, Llangollen soutient activement ses communautés locales, favorisant un tourisme respectueux de son cadre naturel exceptionnel



révolution industrielle et à l’apparition de nouveaux modes de transport. « *Les premières formes de tourisme datent d’il y a deux siècles et étaient déjà ce que l’on pourrait appeler du “tourisme lent”* », développe le chercheur. *Le tout début du tourisme remonte aux premiers voyages des intellectuels et classes aisées en Europe à la fin du XIX^e siècle. On ne peut pas parler de “tourisme rapide” dans les années 1930, pas plus que dans les années 1950 avec l’apparition des premiers avions de ligne à hélice comme le mythique Super Constellation* (construit en 1953 aux États-Unis, ndlr). » Le développement de l’avion à réaction, des lignes low-cost (à faible coût) et des séjours organisés a non seulement codifié une filière économique fraîchement née, mais l’a aussi considérablement accélérée. Et la tendance n’est pas près de s’inverser. En 2024, les flux touristiques internationaux avaient retrouvé leur niveau pré-pandémie de Covid-19, selon une estimation de l’ONU Tourisme, avec 1,4 milliard de touristes ayant effectué un voyage à l’étranger. Selon le chercheur Rémy Knafou², professeur émérite des universités en géographie à l’université Paris-I-Panthéon-Sorbonne, les flux touristiques devraient encore croître pour atteindre 11 % du PIB mondial en 2032. Le fast tourisme reste toutefois le fait d’une minorité : 90 % de la population mondiale n’a jamais pris l’avion. En France, 40 % de la population ne part pas en vacances de l’année, selon les chiffres de l’Observatoire des inégalités³. À l’inverse, 76 % des plus aisés partent chaque année. Le slow tourisme apparaît comme une solution pour celles et ceux qui ont les moyens de choisir leurs vacances. Alors, plutôt croisière *all inclusive* sur la mer Méditerranée à 800 €/personne pour une semaine, ou séjour de randonnée dans les Pyrénées en camping sauvage ? « *Beaucoup de gens font du slow tourisme sans s’en revendiquer* », rappelle Vincent Vlès. Randonnée, vacances en famille ou dans la nature... la lenteur est une affaire de choix. Elle ne s’affiche pas nécessairement sur un label ou une vitrine numérique ; elle se vit.

En mal d’inspiration ? Il existe des options loin des lois du marché pour voyager et découvrir à son rythme de nouveaux espaces. Des initiatives citoyennes ont émergé pour promouvoir un tourisme lent, respectueux du temps de la nature et de l’humain. Les *greeters* (« hôtes », en français) se sont fédérés dans les années 1990 à Brooklyn en réaction à la mauvaise réputation du lieu. Des

habitants désireux de montrer une autre facette de leur ville ont monté le premier réseau de guides touristiques bénévoles. Le concept s’est exporté dans 44 pays. Le principe est simple : des habitants font visiter leur ville gratuitement et hors des sentiers battus à un groupe restreint (six personnes maximum). Chaque guide apporte un regard différent sur les lieux. Ils sont 1 500 à officier à titre bénévole en France. Ici, pas de visite chronométrée. À pied, à vélo ou en transport en commun, la balade peut durer de deux à quatre heures, selon les affinités. Tout se joue dans le contact humain. « *Venez en visiteur, repartez en ami* », clame l’association. Et qui dit prendre le temps, dit organisation. N’espérez pas réserver votre balade à la dernière minute. Les *greeters* sont avant tout bénévoles. Leur temps n’est pas celui de la rentabilité. « *Quand le visiteur remplit son formulaire, le greeter reçoit un mail automatique. Il peut choisir de prendre ou non la balade. Cela veut dire que toutes les demandes ne sont pas satisfaites* », explique un *greeter* bordelais. Une sur deux est acceptée. Mieux vaut s’y prendre plusieurs jours à l’avance pour trouver un guide disponible et co-construire ensemble la visite. Enfin, pour les voyageurs les plus autonomes et désireux de prendre leur temps, reste la micro-aventure. Randonnée, chasse au trésor géante, balade à dos d’âne, nuit à la belle étoile... un brin de nature et de créativité suffiront à enjoliver les vacances. Devenez l’escargot que vous avez (oui, oui) toujours rêvé d’être ! •

1. 72 critères sont à remplir. Ils concernent les politiques énergétique et environnementale, d’infrastructure, de qualité de vie, agricole, touristique et artisanale, d’hospitalité, ou encore de cohésion sociale.
2. Rémy Knafou et Carine Fournier, « Le système touristique mondialisé en question », *Géococonfluences*, novembre 2023.
3. inegalites.fr/depart-vacances

TECHNO-UTOPIES

Dave Karpf

« Comme les milliardaires de la tech imaginent créer un avenir lointain radieux, ils ne se soucient pas du présent »

propos recueillis par Nina Guérineau de Lamérie

Dans les laboratoires de la Silicon Valley, les milliardaires de la tech revendiquent créer le futur. Des utopies technologiques, focalisées sur la course aux étoiles et à l’immortalité, qui font l’impasse sur les enjeux contemporains. Pour ces élites de la tech, il est moins urgent de s’attaquer à la crise climatique ou à la pauvreté mondiale que de faire advenir un hypothétique monde d’après.

Un puissant rouleau compresseur aux conséquences dramatiques pour les démocraties et les populations, explique Dave Karpf, sociologue spécialiste de l’histoire de la technologie et de la politique américaine, et enseignant à l’École des médias et des affaires publiques à l’université George Washington. Le chercheur partage ici son éclairage, soulignant le profond décalage entre un monde idéalisé par ces idéologues de la tech et les aspirations actuelles, ainsi qu’entre leur rapport au temps – tourné vers l’anticipation et la rupture – et celle, plus ancrée dans le présent et les urgences concrètes, de la majorité.

Le long-termisme¹ est une philosophie très en vogue dans la Silicon Valley. De quoi s’agit-il ?
C’est un solide courant de pensée issu du département de philosophie d’Oxford au cours de la dernière décennie. William MacAskill en est l’un des principaux penseurs. C’est une ramification du mouvement *effective altruism* (ou *altruisme efficace*, *ndlr*), qui part du principe que pour faire le bien dans le monde, nous devrions nous assurer que nos efforts soient bénéfiques pour une majorité de personnes. D’après eux, puisque l’on pourrait peupler les étoiles et compter des centaines de

milliards d’individus dans un avenir lointain, il faudrait nous préoccuper en priorité des risques existentiels – c’est-à-dire des risques capables d’anéantir toute l’humanité – qui pourraient empêcher ce futur d’advenir. Par exemple, si un météore frappe la Terre la rendant inhabitable. Pour eux, une vie humaine dans le lointain futur a autant de valeur morale qu’une vie humaine actuelle.

Le long-termisme est-il une façon de ne pas faire face à la crise actuelle ?
Ces philosophies fournissent une sorte de caution intellectuelle à leurs partisans, comme Elon Musk, pour faire ce qu’ils veulent. Ils s’en servent pour nous dire : ne nous soucions pas des politiques et de leurs pratiques, ni de la façon dont elles affectent les êtres humains qui existent aujourd’hui, concentrons-nous plutôt sur le monde que nous construisons. Par exemple, focalisons-nous sur le rôle d’Amazon dans le développement de technologies qui peuvent aider à coloniser l’espace, et ignorons la façon dont la multinationale considère ses employés. Dans un milliard d’années, qui prêtera attention aux salaires qui ont été versés par l’entreprise en 2025 ? La raison pour laquelle le long-termisme est si populaire auprès des puissants de la tech est qu’il encourage la société à ne pas tenir ces entreprises responsables de ce qu’elles font aujourd’hui, mais de célébrer leurs ambitions pour le siècle ou le millénaire à venir.

Le philosophe Émile P. Torres, spécialiste de cette philosophie, soutient que le long-termisme « réunit toutes les conditions d’une catastrophe génocidaire au nom de la production de quantités astronomiques de “valeur humaine” dans un avenir lointain ». Partagez-vous cette conclusion ?
Je suis d’accord. Le long-termisme peut servir de justification à des atrocités qui ont lieu actuellement. Selon moi, l’attrait principal de cette philosophie réside dans le fait qu’elle permet aux entreprises technologiques de légitimer toutes leurs actions. Comme les milliardaires de la tech imaginent créer un avenir lointain radieux, ils ne se soucient pas du présent.

Cette vision semble à contre-courant des aspirations actuelles... Existe-t-il une sorte de décalage entre les visions

du monde de ces « techno-utopistes » et les aspirations du plus grand nombre ?
Les barons de la tech ont concentré un pouvoir immense tout en faisant des choses grotesques aux yeux du reste du monde. Le problème n’est pas tant leur ambition d’habiter d’autres planètes que le fait d’avoir décrété qu’ils méritent de détenir tous les pouvoirs, et que quiconque tenterait de les freiner est un ennemi du progrès. Il existe un lien direct entre le déclin de la démocratie américaine et l’intolérance de ces milliardaires à la moindre critique. Ensuite, on peut en effet parler de « désynchronisation » entre leur vision du monde et les aspirations du plus grand nombre. En affirmant se concentrer sur le long terme, ils détournent en fait l’attention des enjeux actuels. Cet horizon temporel très étendu fait des droits humains, des inégalités économiques ou de la dégradation de l’environnement des préoccupations moins cruciales. Pour « resynchroniser » les choses, il faudrait exiger que les décisions soient prises dans le cadre des gouvernements élus démocratiquement, plutôt que de placer notre confiance et notre foi dans la bienveillance de ces milliardaires.

En effet, ces projets misant sur le très long terme semblent accorder très peu d’attention à nos conditions de vie actuelles...
Avec ces milliardaires, nous pourrions développer des technologies qui aideraient à résoudre la crise climatique et à construire un avenir d’abondance qui bénéficierait à toute la société. Seulement, ces entreprises sont motivées par le profit maximal, portées en réalité par une vision à court terme. Elles créent plutôt des choses à l’image de leurs dirigeants, comme des projets narcissiques faits de voyages spatiaux et d’immortalité... C’est plus séduisant que d’imaginer un avenir où les individus sont égaux et où il y a assez de tout pour tous ! Car un tel futur impliquerait que ces entreprises fassent des choses qu’elles ne veulent pas faire. Elles préfèrent donc ignorer le changement climatique et promouvoir la façon dont « les génies de la technologie » sauveront le monde. On peut aussi parler de l’accélérationnisme², une autre philosophie populaire dans la Silicon Valley. L’idée est que nous parviendrons à une ère prospère grâce à ces patrons sans limites qui inventeront la super-intelligence et, possiblement, un futur post-humain. Pour ces derniers, il faut accélérer l’ère technologique, s’y précipiter, sans se soucier de ce qui pourrait mal tourner, car la technologie résoudra tous les problèmes, et que

ce sera dans le meilleur intérêt de l’humanité. Mais finalement, ce ne sont que des non-sens flagrants qui ruinent la démocratie et la société.

Le transhumanisme³ fait aussi des émules auprès de ces milliardaires.... Croient-ils qu’ils verront de leurs propres yeux se concrétiser ce projet de révolution technologique ?

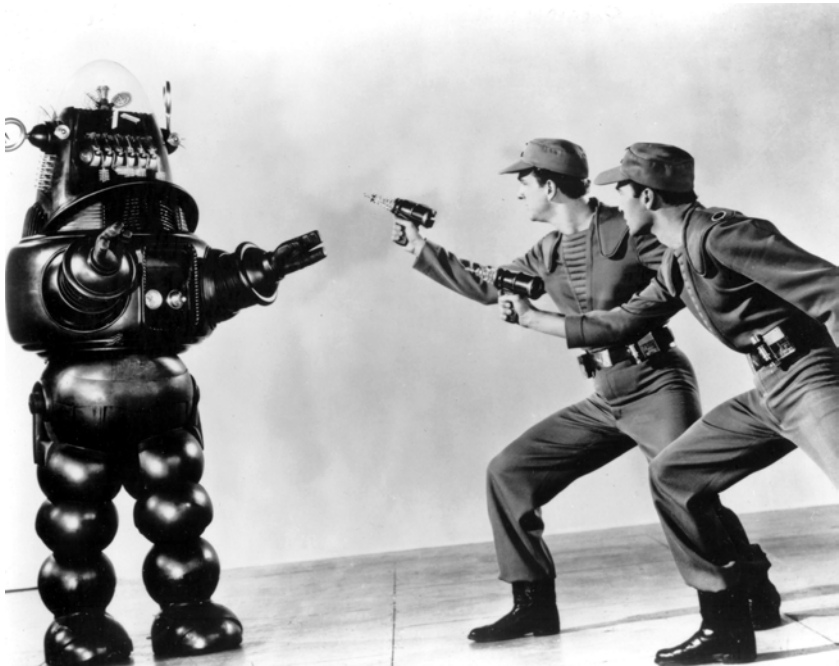
En effet, il existe une tendance transhumaniste dans la Silicon Valley. Beaucoup donnent de l’argent à des projets radicaux d’extension de la vie, comme les Extropiens⁴, l’un des mouvements transhumanistes les plus anciens, dont l’idée est de cryogéniser le cerveau des gens, qui serait éventuellement réactivé dans un futur post-humain. Mais je ne pense pas qu’ils croient au fait de vivre éternellement. Les personnes qui ont trop d’argent se laissent simplement séduire par ces philosophies leur disant ce qu’ils veulent entendre. Qui ne voudrait pas faire partie de la première génération de personnes à ne jamais mourir ?

Quelle place occupe l’intelligence artificielle dans ces philosophies ?

Si l’intelligence artificielle était aussi performante que l’affirment leurs partisans, elle serait leur instrument de prédilection... Or, l’IA telle qu’elle existe ne peut accomplir la plupart des tâches qu’ils se plaisent à lui attribuer. Par exemple, aux États-Unis, l’administration Trump a décidé d’utiliser l’IA pour identifier des gens qui frauderaient les prestations d’assurance sociale. Mais ça ne fonctionne pas bien : l’outil identifie des personnes, bel et bien vivantes, comme étant décédées et supprime les allocations auxquelles elles ont pourtant droit. Dans les prochains mois, nous allons probablement voir des millions de personnes injustement privées d’assurance sociale à cause de ça.

N’y a-t-il pas une contradiction entre le discours prônant davantage de liberté de ces milliardaires et leur soutien à des politiques très conservatrices ?

Les conservateurs qu’ils soutiennent partagent la conviction fondamentale que nous avons besoin de personnes puissantes et libres de toute contrainte. L’administration de Joe Biden, le pré-décèsseur de Trump, adoptait une approche plus proche de celle de l’Europe. Elle a mis en place certaines mesures pour s’assurer que le travail de ces multinationales serait bénéfique pour la société. Des contraintes que les entreprises de la tech n’ont



↑ Robby le robot, Warren Stevens et Leslie Nielsen dans *Planète interdite*, 1956 © Allstar Picture Library Limited. / Alamy Stock Photo

pas appréciées puisque ça pouvait les limiter dans leurs ambitions et parce qu’elles risquaient d’être sanctionnées financièrement pour leurs échecs. Trump, à l’opposé, leur a dit : « vous pouvez faire ce que vous voulez ! ». Ces milliardaires de la tech sont donc parfaitement à l’aise avec les autoritaristes, tant que cela leur facilite la tâche. Par exemple, Mark Zuckerberg, dirigeant de Meta, a soutenu Trump début 2025 car il souhaite que le gouvernement abandonne sa plainte antitrust contre Facebook⁵. Et ça pourrait bien arriver... L’autoritarisme peut être tout à fait bénéfique pour les affaires à court terme, même s’il est désastreux pour la société, la démocratie et les entreprises sur le long terme. Ces individus sont complètement déconnectés des besoins du reste de la population.

Les visions du futur de la Silicon Valley peuvent-elles écraser toute tentative de construire un autre monde ?

Les barons de la tech se sont montrés vénaux et court-termistes, ce qui pousse les gens à les rejeter, et à souhaiter des futurs différents. En 2011, nous

pensions que les révolutions seraient facilitées par les réseaux sociaux. Cette illusion s’est dissipée. Ça nous invite maintenant à réfléchir à la manière dont nous devons nous sauver nous-mêmes. Toutefois, puisque ces personnes contrôlent les médias, la finance à l’échelle mondiale, le gouvernement des États-Unis, tout en nourrissant des ambitions internationales, la tâche de construction d’un avenir meilleur semble bien difficile... Nous sommes à la fois dans un espace fertile pour imaginer de meilleurs futurs qui ne dépendent pas de la tech, mais dans un environnement réellement défavorable à la concrétisation de tels imaginaires. Cependant, notons que la finance n’est pas la seule source de pouvoir. Si les États-nations, au niveau mondial, imposaient aux milliardaires de payer leurs impôts, ils le feraient. Si les États-nations exigeaient que chacun soit responsable de ses émissions et contribue à un avenir durable, les milliardaires de la tech ne pourraient s’y soustraire. C’est une question d’engagements collectifs. Ce n’est pas technologiquement ou philosophiquement impossible. Et c’est une chose tout à fait raisonnable à faire. •

1. Philosophie qui accorde une grande priorité morale au bien-être des générations qui existeront dans un avenir lointain, dont les intérêts devraient influencer nos actions dans le présent. Nous devrions ainsi nous concentrer sur la mitigation des risques existentiels qui pourraient anéantir l’humanité ou compromettre son potentiel à long terme.
2. Courant de pensée soutenant que la voie vers une société meilleure passe par l’intensification et l’accélération des forces sociales, économiques et technologiques existantes. Différentes branches existent, allant de l’exploitation des contradictions du capitalisme à l’accélération technologique pour un futur post-humain.
3. Mouvement intellectuel et culturel prônant l’emploi des technologies pour améliorer les capacités physiques et mentales de l’être humain, au-delà de ses limites naturelles : augmentation de nos performances par des implants, des modifications génétiques ou des technologies avancées, dans l’espoir d’atteindre une existence meilleure et plus longue, voire l’immortalité.
4. L’extropianisme est un courant de pensée transhumaniste qui se définit comme étant « la philosophie de l’extropie », par opposition à l’entropie. Ses partisans prônent l’utilisation des sciences et des technologies pour améliorer la condition humaine, avec l’objectif ultime de surmonter les limites biologiques et d’atteindre une forme de vie illimitée.

5. Action en justice intentée par la Federal Trade Commission (FTC), agence américaine de protection des consommateurs et de la concurrence, contre Meta, société mère de Facebook, accusée de maintenir illégalement un monopole sur le marché des réseaux sociaux.
6. Ensemble des techniques et technologies visant à modifier délibérément le climat de la Terre, dans le but de contrer le changement climatique, par exemple en réduisant la température mondiale ou en éliminant le CO₂ de l’atmosphère.

L’écologie version Silicon Valley

Dans le paysage intellectuel technophile, une autre idéologie gagne en influence : l’écomodernisme, défendu notamment par le Breakthrough Institute. Ce think tank californien milite pour une transition écologique fondée sur l’innovation technologique, la croissance économique et l’industrialisation. À rebours de l’écologie décroissante, ses partisans prônent des solutions comme l’énergie nucléaire, la géo-ingénierie⁶ ou l’agriculture intensive pour répondre à la crise climatique. Leurs conceptions du temps sont résolument tournées vers un avenir de forte croissance et de progrès technologique accéléré : valorisant l’investissement patient dans l’innovation, leur pensée repose sur l’idée que les solutions aux grandes crises environnementales émergeront avec le temps, à mesure que les technologies mûrissent. Si cette vision séduit les milieux technophiles, elle suscite de vives critiques pour son optimisme technologique jugé excessif.

SCIENCE-FICTION

Roland Lehoucq

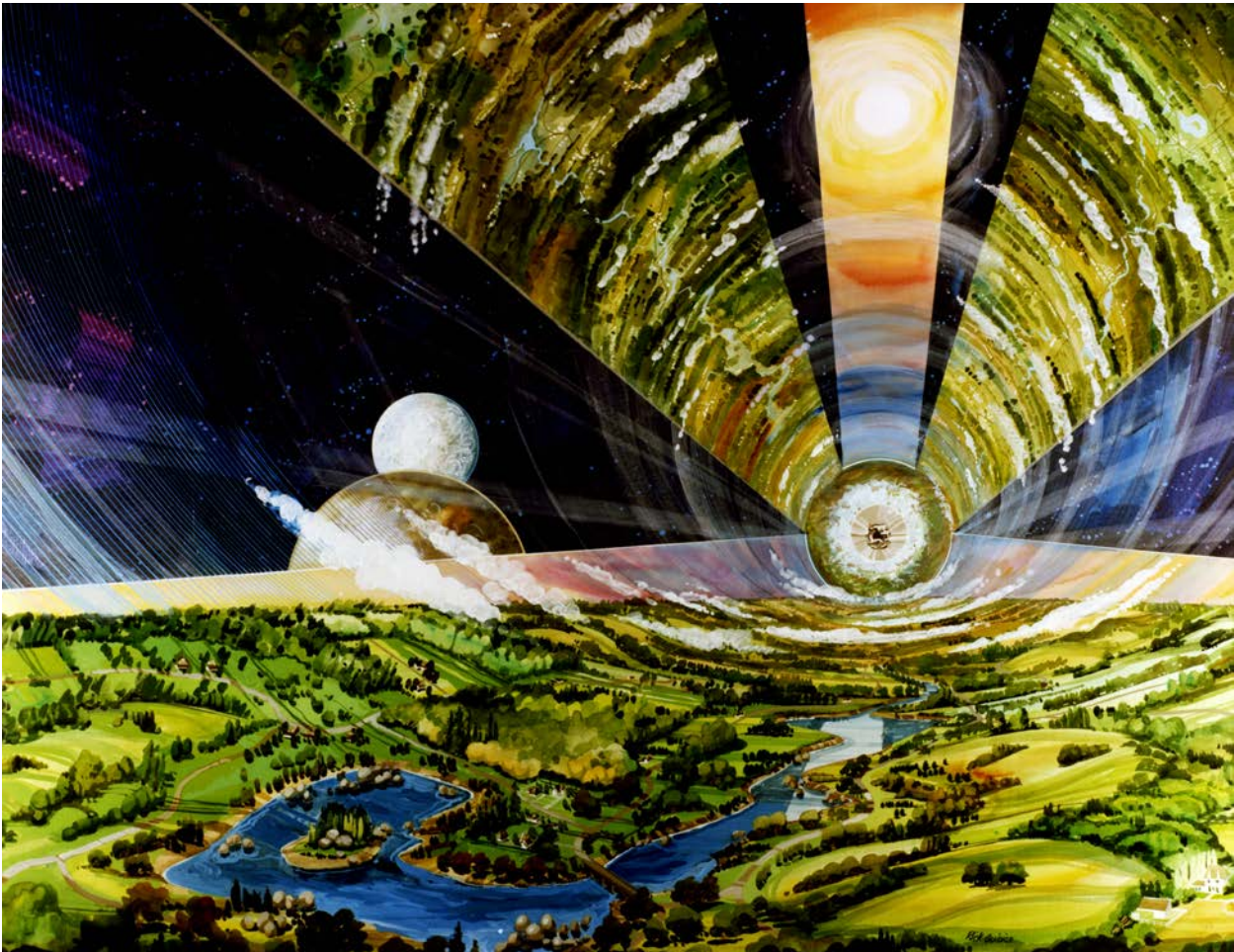
« **Le “there is no alternative” n’existe pas en SF** »

propos recueillis par Christelle Gilabert

« *La science-fiction est la seule littérature qui joue avec des échelles d’espace et de temps aussi gigantesques* », nous explique l’astrophysicien et expert en science-fiction Roland Lehoucq. Face à la difficulté de nos sociétés humaines à se projeter dans les décennies à venir, nous lui avons demandé comment ce genre littéraire pouvait nous encourager, individuellement et collectivement, à penser le monde sur le très long terme.

Roland Lehoucq est astrophysicien au Commissariat à l’énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) de Paris-Saclay et président du festival international de science-fiction Les Utopiales. Très actif dans la diffusion de la culture et des connaissances scientifiques, il donne des dizaines de conférences par an et enseigne dans divers établissements (université Paris-Cité, Sciences Po Le Havre et Rennes) en s’appuyant sur l’univers de la science-fiction pour aider à penser le monde différemment. Il est également l’auteur de *Faire des sciences avec Star Wars* (Le Béal’, 2017) et le coordinateur de l’ouvrage collectif *Dune, Exploration scientifique et culturelle d’une planète-univers* (Le Béal’, 2020).

En tant qu’astrophysicien et grand passionné de science-fiction, vous affirmez utiliser cette littérature « pour expliquer et pratiquer les sciences ». Quels liens faites-vous entre les deux ?
Déjà, il y a un mot qui est commun, le mot « science ». La science-fiction est une fiction scientifique que l’on appelait en anglais au XIX^e siècle la *scientific romance*, et que les Français, sous l’égide de l’écrivain Maurice Renard, ont appelé le « merveilleux scientifique ». Elle désigne le fait de créer des récits où la science est poussée jusqu’à la merveille, souvent un objet ou un processus technique, et où cette merveille est possible scientifiquement. C’est une littérature née d’un émerveillement pour le progrès scientifique, avec la volonté de le mettre en scène. Initialement, afin d’en diffuser les connaissances de façon didactique. Mais également pour se projeter dans le futur avec ses inventions en essayant d’en tirer les conséquences politiques et sociales. C’est de cette manière que je



↑ Intérieur, avec vue sur l’extérieur à travers de grandes fenêtres, Rick Guidice © NASA Ames Research Center, nss.org

l’utilise dans mon travail. Les œuvres nous donnent à voir le monde tel qu’il serait si nous disposions de l’intelligence artificielle, des robots, des machines volantes, des vaisseaux interstellaires, etc. Et comment cela pourrait se traduire concrètement dans la vie des gens. L’objet technique n’est pas juste un décor, mais un élément fondamental de l’intrigue.

Que pensez-vous de la représentation du temps et de l’espace dans la science-fiction ?
Il y a un rapport à l’espace-temps qui est intrinsèque à ce genre et qui, de ce fait, offre un très grand répertoire de situations. En ce qui concerne le temps, la science-fiction se distingue de la futurologie, de la prospective ou de la divination. Elle ne cherche pas à prévoir le futur à proprement parler, ni à donner le cheminement qui a abouti au monde qu’elle décrit. Elle pose une situation, puis déroule son histoire. Par ailleurs, elle considère le futur, mais pas seulement : elle explore aussi des passés ou des présents alternatifs, comme dans le courant

steampunk¹. Quant à l’espace, les voyages spatiaux ont été l’un des premiers grands tropes² de la SF – l’exploration de la Lune, des planètes, la rencontre avec des espèces extraterrestres... Mais on retrouve l’exploration de bien d’autres mondes : les mondes intérieurs, les mondes microscopiques ou encore les mondes « parallèles ». La science-fiction a souvent placé ses histoires dans des endroits inaccessibles, de sorte à ce que ce soit nouveau, exaltant, tout en évitant d’être contredit par le réel.

Lorsque l’on évoque « le temps long » ou « ultra-long », de quelle(s) durée(s) parle-t-on exactement ? Pouvez-vous citer des exemples emblématiques ?
À notre échelle, je dirais que ça devient long dès que l’on dépasse la durée de vie humaine. Un siècle, c’est déjà dur à envisager. Deux siècles, n’en parlons pas. Alors mille, dix mille ou cent mille ans, vous imaginez ! On peut citer *Dune* (1965) de Frank Herbert ou *Le Cycle de Fondation* (début des années

1950) d’Isaac Asimov. Ils brossent tous les deux un destin de l’humanité ayant essaimé au sein de la société interglactique dans des ères situées à environ 20 000 ans. Plus vaste encore, il y a Olaf Stapledon avec son roman *Les Derniers et les Premiers* (1930) qui, dans une sorte de grand panorama cosmique, a essayé de questionner l’évolution de l’espèce humaine à très long terme : deux milliards d’années. Quasiment la moitié de l’âge de la Terre, qui est de quatre milliards et demi d’années ; c’est considérable. Plus récemment, je pense à Alastair Reynolds avec *La Maison des Soleils* (Le Béal’, 2008) : l’histoire d’une lignée humaine dont les membres se clonent successivement et peuvent vivre des millions d’années. Tous les 200 000 ans, ils organisent une rencontre pour faire le bilan et partager ce qu’ils ont vu dans galaxie. C’est fou ! La SF est la seule littérature qui joue avec des échelles d’espace et de temps aussi gigantesques en traitant de l’humanité dans son ensemble, mais aussi de la possibilité de sa disparition.

En quoi ces échelles d’espace-temps très vastes, mobilisées par la science-fiction, nous aident-elles à envisager autrement notre rapport à l’avenir ?

Les scénarios sont si lointains qu’ils font appel à de l’imagination pure. Cela permet d’envisager les choses de manière très libre sans justifier de leur faisabilité. L’important est surtout la question qui est posée derrière ! La science-fiction est là pour donner de la matière à penser en mettant en scène une problématique dont l’auteur veut discuter à travers son récit. Ce sont des expériences de pensée. Les temporalités extrêmes, quant à elles, plongent le lectorat dans des réflexions inhabituelles. Il est amené à se poser des questions en dehors des temps quotidiens autour desquels nos vies sont essentiellement organisées. C’est peut-être une des rares occasions pour le grand public de s’extraire et de penser le temps vraiment long.

Comment les enjeux écologiques s’insèrent-ils dans ces fictions ?

La science-fiction est le miroir de son temps... Elle s’est forgée au début du XX^e siècle à partir d’une exaltation pour les sciences et les techniques, avec l’idée que l’on allait pouvoir quitter la Terre, occuper d’autres mondes, exploiter les ressources à l’échelle interstellaire. Pendant longtemps, l’écologie était extrêmement peu présente, et les problématiques ont commencé à vraiment émerger dans les années 1970 à la suite de la publication du rapport du Club de Rome³. Ce qui est intéressant en

revanche, c’est que la SF ne se contente pas de dire qu’il y a un effondrement écologique. Elle tente, comme elle le fait toujours, de matérialiser les conséquences réelles sur les sociétés humaines, avec des récits qui se mettent à hauteur des personnages et rendent ces réalités beaucoup plus palpables. John Brunner, par exemple, dans *Le Troupeau aveugle* (1972), imagine un monde où les niveaux de pollution environnementale sont poussés à l’extrême. Quand on sort, on choisit son parapluie et la matière de ses vêtements pour résister aux pluies acides, et des distributeurs à air pur sont disponibles dans les rues. C’est beaucoup plus facile de se projeter. De la même façon, dans son roman *Aurora* (Bragelonne, 2019), Kim Stanley Robinson nous raconte l’histoire d’un groupe d’humains qui réalise – après un voyage sur plusieurs générations vers une autre planète – que l’humanité n’est adaptée qu’à la vie sur Terre. C’est un autre moyen de montrer au grand public qu’il n’y a pas de planète B. Et c’est autre chose que d’écouter des discours scientifiques ou de lire un rapport de l’ADEME ou du Giec⁴.

Dans une conférence intitulée « La souveraineté cachée dans *Dune* » (USI, 2024), vous montrez à quel point le roman nous éclaire sur les enjeux technologiques et écologiques. Un détail retient particulièrement votre attention, celui de l’absence de l’intelligence artificielle. Pour quelles raisons ?

Dune est une éco-fiction qui se déroule aux environs de l’an 20 000 de notre ère. Elle nous projette dans un empire intergalactique nommé l’Imperium où les peuples ont développé des technologies extraordinaires. Pour survivre sur leur planète désertique qu’est Arrakis, le peuple des Fremen a conçu des combinaisons ultra-sophistiquées, les distilles, capables de recycler quasi intégralement l’eau perdue par le corps humain. Ils envisagent aussi de modifier l’état de leur planète, comme le ferait de la géo-ingénierie, pour rendre leurs conditions de vie moins hostiles. Et étonnamment, au milieu de ce monde futuriste, les intelligences artificielles ont été bannies. Ce qui veut dire que l’humanité a consenti à se passer d’une technique dont elle disposait parce qu’elle l’a considérée comme néfaste. Un choix qui apparaît aux antipodes de nos positions actuelles.

La SF est donc aussi capable d’interroger le renoncement à une technologie ?

Bien sûr. Contrairement à ses débuts, la science-fiction a fini par apporter un regard critique sur les

techniques en mettant en scène soit des histoires qui aboutissent à la catastrophe ou à l’apocalypse ; soit, à l’inverse, des utopies écologiques qui explorent un tout autre rapport aux techniques et au monde. C’est ce qu’a fait par exemple l’autrice américaine Ursula K. Le Guin, qui a imaginé dans des avènements très lointains des mondes en apparence arriérés techniquement, mais qui, en réalité, ont fait des progrès stupéfiants sur d’autres aspects comme l’éthique, la morale ou les relations sociales. Elle est à l’origine d’œuvres fascinantes comme *La Main gauche de la nuit* (1969) et *Les Dépossédés* (1974). Cela nous montre que l’innovation n’est pas forcément technique, mais peut aussi être sociale ou politique. Je pense aussi au solarpunk, mouvement né en 2008 avec le Solarpunk Manifesto qui, dans une volonté militante, appelle à créer un genre non dystopique pour explorer l’idée d’une humanité plus égalitaire, en accord avec la nature, et employant des technologies respectueuses de l’environnement.

Malgré tout, la science-fiction peut aussi participer à la formation d’imaginaires dominants parfois problématiques. Voyez-vous des limites aujourd’hui dans les scénarios qu’elle explore ?

Absolument. Il existe des récits dans la science-fiction qui deviennent dominants parce que quelqu’un comme Elon Musk s’en empare et vous présente ça comme un objectif ou un mode d’emploi. Il vous vend de la colonisation martienne ou du transhumanisme. D’ailleurs, lui et tous ses partisans sont adeptes de ce que l’on appelle le long-termisme (*lire page 104*). C’est-à-dire qu’ils dépensent leurs milliards non pas pour sauver l’humanité actuelle, mais pour rendre possible l’existence humaine dans le futur afin qu’elle, ou du moins une partie d’elle – les plus riches sans doute –, perdure pendant des millénaires... Une vision cosmique complètement arbitraire qui se fiche en réalité de la vie sur Terre.

Quelles grandes leçons peut-on tirer des temps longs de la science-fiction sur la manière dont une civilisation (ou une nation) pourrait se préserver face à l’urgence écologique ?

En tant qu’œuvre de l’imaginaire, la science-fiction contribue à l’émergence de nouveaux récits. Le « *there is no alternative* » n’existe pas en SF. Un autre chemin est toujours possible. Elle offre ainsi la possibilité d’ouvrir une réflexion collective – et le mot « collectif » est important – sur le futur

que l’on voudrait voir advenir. Elle invite à ne pas laisser notre destin entre les mains de ceux qui prétendent savoir mieux que nous parce que ce sont des individus financièrement, politiquement ou socialement puissants. Il faut impérativement s’emparer de cette question du futur, c’est un enjeu démocratique cardinal.

Qu’est-ce que cela implique à l’échelle de nos métiers actuels ? Comment repenser notre rôle à très long terme ?

C’est une question à laquelle est couramment confrontée toute une classe de professions qui traite du temps et de l’évolution des sociétés humaines, de l’espace ou de l’univers. C’est le cas des géologues, des historiens, des astrophysiciens, etc. Ma position est qu’il faudrait que l’on prenne enfin des mesures de gestion à très long terme, tout en sachant que nous n’en récolteront pas les bénéfices directement. La science-fiction nous montre l’importance d’articuler au quotidien une variété d’échelles de temps, en veillant à intégrer celles du temps long. C’est-à-dire que l’on soit capable d’engager des actions qui dépassent de loin nos propres espérances et espaces de vie. Quel que soit notre métier, ou notre rôle, c’est la seule façon de s’en sortir. On pourrait imaginer une sorte d’éthique collective du futur qui érigerait en impératif absolu la préservation d’un monde habitable pour l’humanité. Cela relèverait d’une responsabilité collective impliquant des enjeux de solidarité spatiale et intergénérationnelle très forts, et dont les liens sont encore impensés aujourd’hui. •

1. Le steampunk est un genre rattaché à la science-fiction, qui se joue dans une réalité alternative inspirée du XIX^e siècle, avec des instruments modernes qui sont mus essentiellement par la vapeur (*steam*) dans une ère reprenant les codes esthétiques et techniques des débuts de la révolution industrielle.
2. En littérature, les tropes désignent des archétypes narratifs récurrents (thématiques, situations, schémas narratifs, types de personnages...), généralement au sein d’un genre littéraire.
3. Groupe international de recherche et de réflexion ayant publié le célèbre rapport *Les Limites à la croissance* en 1972, alertant sur l’incompatibilité d’une croissance économique continue avec la préservation de l’habitabilité sur Terre.
4. Respectivement l’Agence de l’environnement et de la maîtrise de l’énergie et le Groupe d’experts intergouvernemental sur l’évolution du climat.

PORTFOLIO

Saint-Lazare

180 ans d'architecture d'une gare parisienne

conception, recherche d'archives et cartes Véronique Veston et Robin Verna

Les œuvres présentées ici illustrent la croissance architecturale de la plus vieille des gares parisiennes dans son environnement urbain en forte mutation, d'abord par extensions successives, puis par renouvellement sur elle-même. Les plans figurent les permanences architecturales (en gris) et les grandes étapes de croissance et de transformation (en marron).

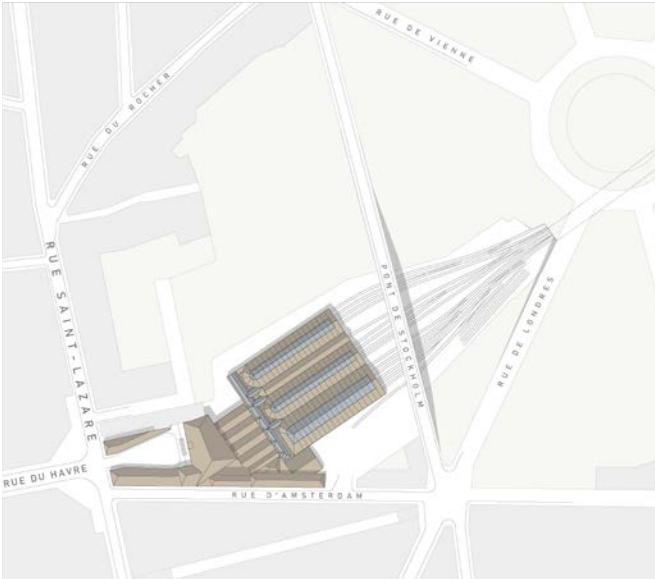


1837-1841 L'embarcadere Saint-Germain

La première ligne de chemin de fer destinée au transport de voyageurs en France est inaugurée le 24 août 1837. Initiée par les frères Pereire, elle relie Saint-Germain-en-Laye à Paris, sur la jeune place de l'Europe, sous laquelle un tunnel est finalement percé. Le premier embarcadere est implanté sur la rue de Stockholm. Il est constitué de deux pavillons à l'architecture étonnante, construits au-dessus des voies, que les voyageurs rejoignent par de grandes rampes latérales.



← Vue du chemin de fer de Paris à Saint-Germain, point de départ place de l'Europe, lithographie, Jean-Baptiste Arnout © Bibliothèque historique de la Ville de Paris

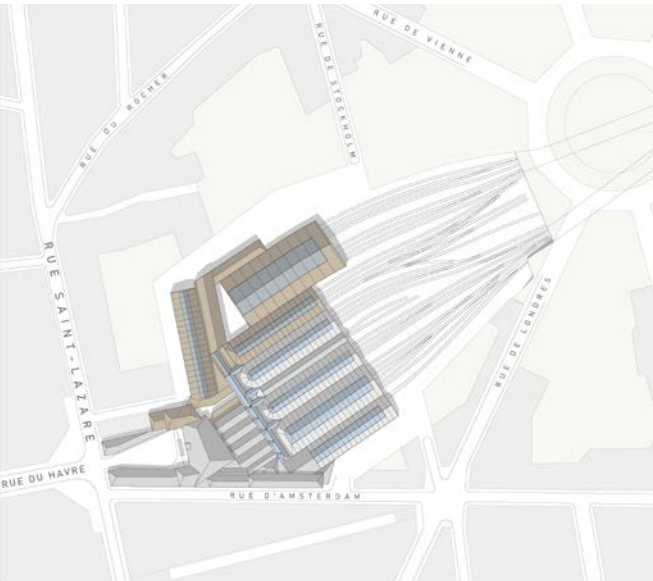


1842-1848 La première gare de la rue Saint-Lazare et ses halles métalliques

En 1842, une véritable gare construite par Alfred Armand est mise en service. L'édifice, disposé à l'angle des rues d'Amsterdam et de Saint-Lazare, sur laquelle les deux ailes aboutissent, joue un rôle de frontispice. Son architecture, succession d'une cour et de grands emmarchements, organise l'accès aux voies situées plus haut, par l'intermédiaire de salles d'attente. En 1848, les premières grandes halles métalliques modernes viennent couvrir les voies.

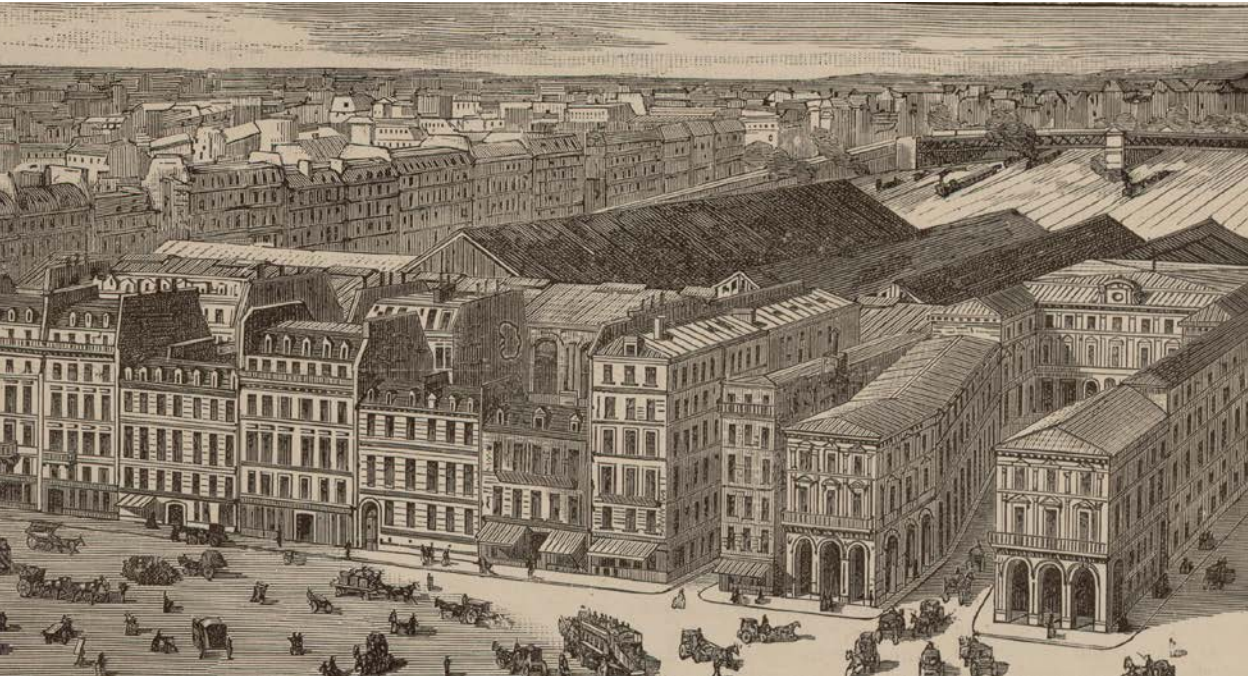


↑ Gare Saint-Lazare, cour de Saint-Germain, Louis-Émile Durandelle, épreuve sur papier albuminé, 1887 © Musée Carnavalet

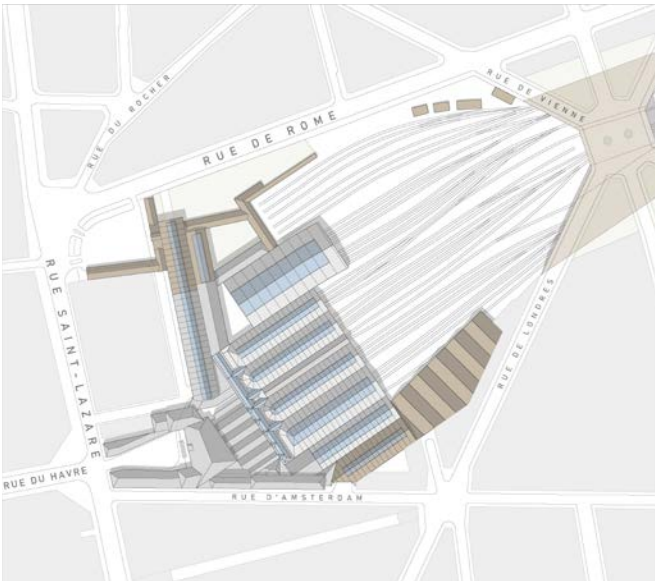


1853-1855
La première extension vers l'ouest, la halle Flachat et la galerie de Versailles

En 1850, la gare Saint-Lazare est déjà l'une des plus fréquentées d'Europe. Les ouvertures de lignes se multiplient et la première Exposition universelle à Paris, en 1855, approche. Prouesse technique, la grande halle de 40 mètres en fer laminé riveté, conçue par Eugène Flachat, étend la couverture des voies vers l'ouest. Le bâtiment-voyageurs est doublé d'un vestibule monumental à verrière, la galerie de Versailles, et doté de salles d'attente supplémentaires.



↑ L'ancienne gare et la rue Saint-Lazare, gravure sur bois, Monsieur Fleuret, G. Julien, XIX^e siècle © Musée Carnavalet

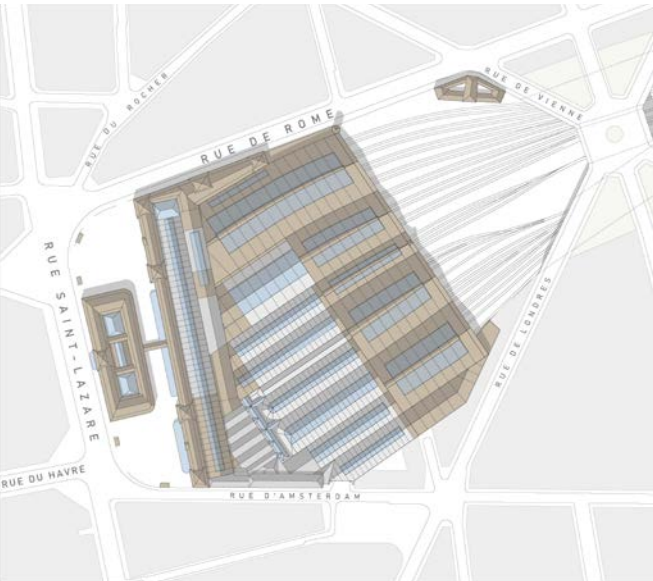


1867
La seconde extension vers la rue de Rome

Les années 1860 sont animées par les travaux du Second Empire qui bouleversent l'environnement urbain de la gare Saint-Lazare. L'Exposition universelle de 1867 motive l'agrandissement et la densification de la gare, dont la grande galerie de Versailles est prolongée à l'identique jusqu'à la rue de Rome. La cour de Rome est parallèlement aménagée pour étoffer les accès et accompagner la croissance incessante du trafic, permise par la construction du premier pont de l'Europe.

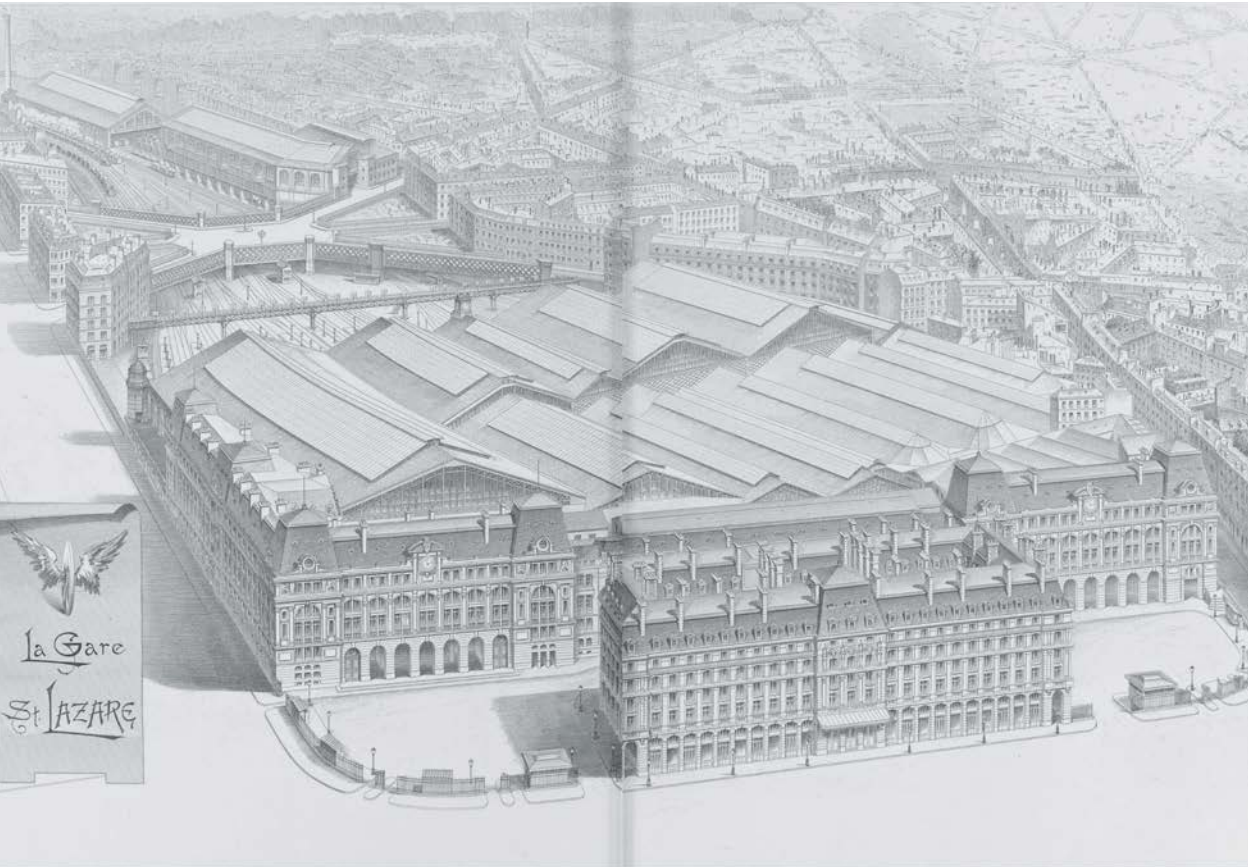


↑ Pont construit sur l'emplacement de la place de l'Europe, au chemin de fer de l'Ouest, gravure sur bois, Pierre-Auguste Lamy, 1868 © Musée Carnavalet

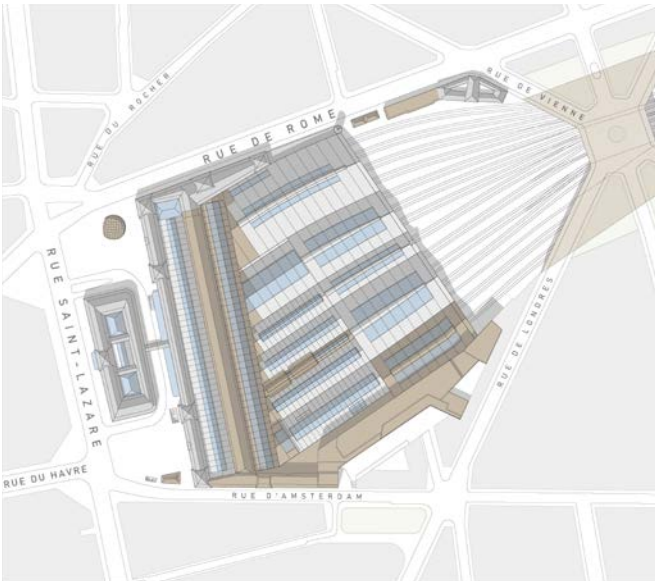


1889
Les grandes transformations
de la gare Saint-Lazare par Juste Lisch

Toujours plus exigüe face au va-et-vient quotidien et perpétuel des habitants de banlieue, la gare, vieillissante, fait l'objet d'une métamorphose presque complète pour l'Exposition universelle de 1889. L'architecte Juste Lisch mène la reconstruction en édifiant un « bâtiment façade » à l'architecture classique et monumentale. Les halles métalliques sont conservées et doublées par de nouvelles structures de grande portée. La gare atteint son emprise maximale.



↑ Gare Saint-Lazare et hôtel Terminus - M Lisch Architecte, Sulpis sc, *Le Moniteur des Architectes*, quatrième volume, A. Lévy, 1890
© Getty Research Institute



1915-2025
Les modernisations successives
de la gare St-Lazare sur elle-même

Dès 1915, les reconstructions déjà engagées se poursuivent par la suppression des derniers vestiges d'avant 1889, dont seules subsistent les vieilles halles et la galerie de Versailles. Le XX^e siècle s'affirme par une entreprise de modernisations successives d'une gare désormais contrainte par ses limites urbaines. L'entreprise perdure au XXI^e siècle, l'architecture devant s'adapter aux mutations des techniques, des usages du chemin de fer et de ses voyageurs du quotidien. Pour les décennies à venir, les enjeux sont la conservation et la restauration des grandes halles voyageurs.



↑ La gare Saint-Lazare et le pont de l'Europe – 1973, photographie, dossier iconographique
© Bibliothèque Historique de la Ville de Paris

POST Junior

120

Temps
et civilisations

122**Bande dessinée**

*L'homme
qui vendait
des arbres*

126

Les penseurs
du temps

Temps et civilisations

Les conceptions du temps se distinguent selon les civilisations : cyclique chez les Mayas, luni-solaire en Chine, philosophique et pluriel chez les Grecs... Pourtant, toutes ont en commun de structurer l'organisation de la cité et de façonner nos rapports au monde.

texte Victoire Radenne



Les Mayas et les Aztèques

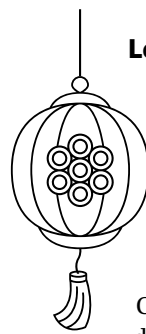
Pour les Mayas et les Aztèques, le temps n'est pas linéaire – comprenez : il ne s'écoule pas du passé vers le futur –

mais se fonde sur une vision cyclique, structurée par des calendriers complexes. Forts de patientes observations du ciel et par leur maîtrise des mathématiques, les anciens Mayas développèrent par exemple un système de 17 calendriers qui s'enclenchent comme les rouages d'une montre. Parmi eux, on trouve le calendrier rituel (Tzolk'in, 260 jours), combiné au calendrier solaire (Haab', 365 jours), formant un cycle de 52 ans. Chez les Aztèques, c'est le Tonalpohualli (260 jours), calendrier rituel sacré, qui guide les destinées individuelles, tandis que le Xiuhpohualli (calendrier solaire de 365 jours) marque les saisons agricoles et la vie politique. Ainsi, dans ces civilisations, chaque jour traversé par différents calendriers est porteur d'un destin, influençant les décisions politiques, guerrières et religieuses.



Les Égyptiens

La conception du temps chez les Égyptiens est animée d'un mouvement qui vient du passé et qui va vers le futur. C'est à cette civilisation que l'on doit notre perception actuelle du temps, qui régit désormais nos sociétés. Les Égyptiens sont les premiers à avoir déterminé qu'une journée durait 24 heures et une année environ 365 jours, divisée en trois saisons, dont chacune est composée de 4 mois de 30 jours chacun. Le jour était mesuré en utilisant les ombres projetées par le Soleil, tandis que les heures nocturnes étaient mesurées principalement grâce aux étoiles. Les Égyptiens ont été les premiers à associer le début du jour au lever du soleil. D'ailleurs, leur calendrier est le premier qui a délaissé le rythme lunaire, pour se baser exclusivement sur le Soleil.



Les Chinois

Le calendrier chinois est à la fois lunaire et solaire, c'est pourquoi on l'appelle aussi le calendrier luni-solaire. Une année chinoise ordinaire comporte 12 lunaisons. Le calendrier commence ainsi à la nouvelle lune, et on ajoute un treizième mois quand il le faut pour rattraper le soleil... Ce calendrier repose aussi sur un cycle de 60 ans, combinant 12 animaux du zodiaque et dix tiges célestes. Il est né après des siècles d'observations diverses : mouvements de la Lune, du Soleil et de la planète Jupiter, longueur des ombres, durée relative des jours et des nuits, phénomènes agricoles... Quant au Nouvel An chinois, grand moment du calendrier, il marque un temps de renouveau social et spirituel. La tradition prétend que le calendrier fut créé par l'empereur Jaune (Huángdì) en -2697 du calendrier grégorien. Aujourd'hui encore, les Chinois planifient mariages, affaires et naissances selon ce cadre temporel, où chaque date a une influence particulière sur le destin individuel et collectif. Actuellement, selon le calendrier chinois, nous serions dans le 79^e cycle (qui couvre les années 1984 à 2044).



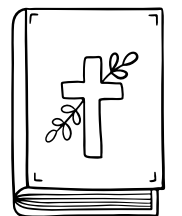
Les Grecs

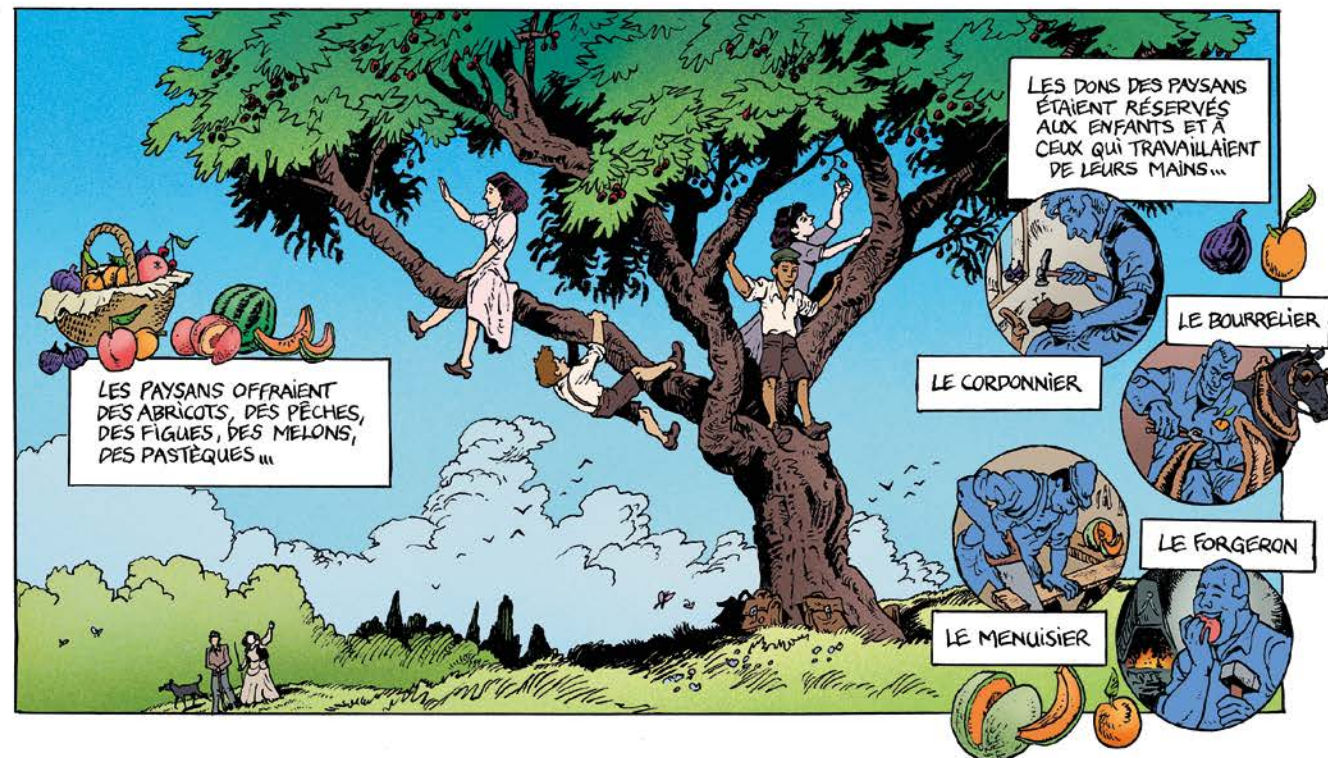
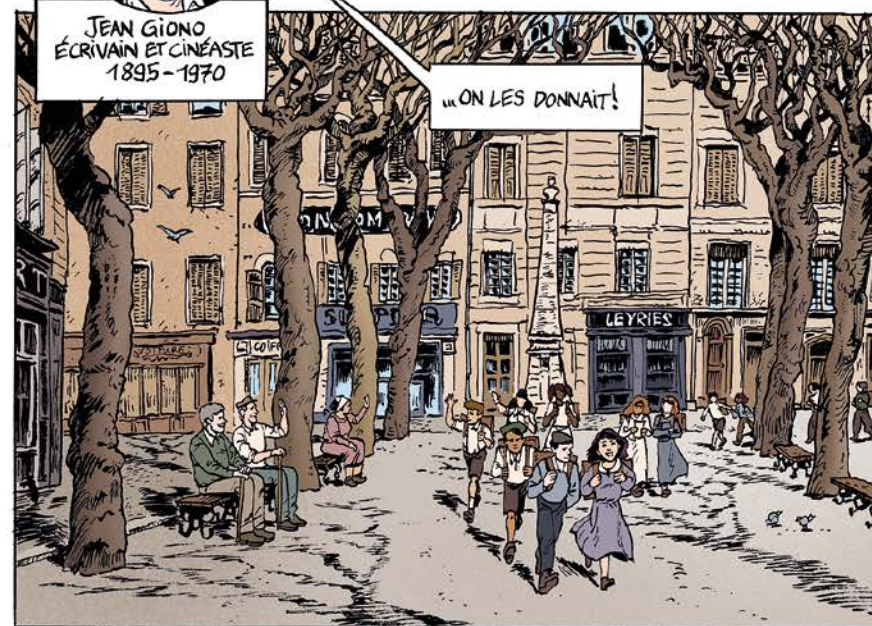
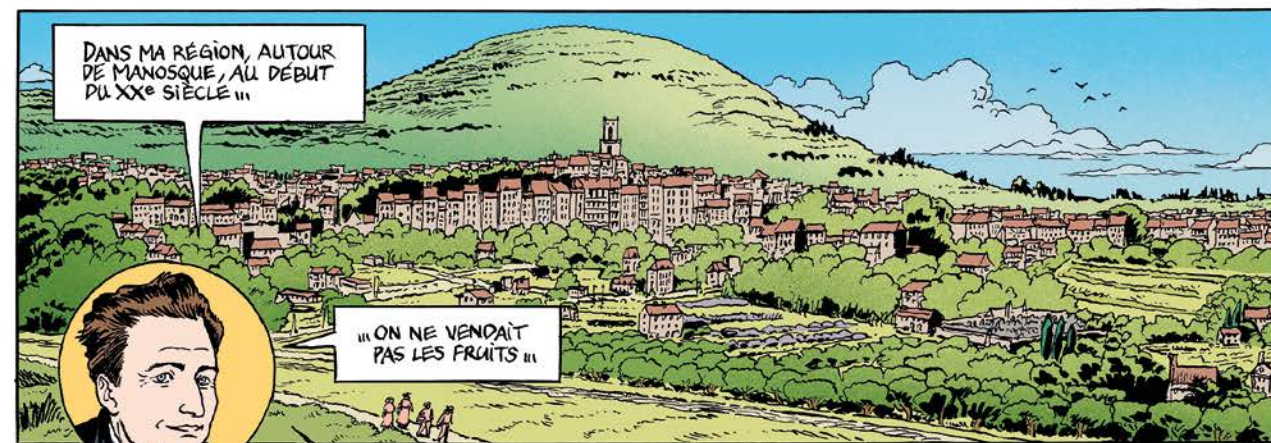
L'avez-vous remarqué ? Le temps ne semble jamais s'écouler de la même façon, d'une semaine à l'autre, en fonction de la période de l'année... Par exemple, il s'étend indéfiniment lorsque l'on s'ennuie, à l'école, en plein mois de novembre. Au contraire, il passe à une allure hallucinante pendant les vacances d'été, ou lorsque l'on est entre amis. On dit alors que la perception du temps est relative, c'est-à-dire qu'elle peut se lire et se vivre de différentes manières. Dans l'Antiquité, les Grecs anciens avaient bien compris ce phénomène, c'est pourquoi ils ont élaboré une conception du temps plurielle qui se divise en trois grandes parties. En premier lieu, le *chronos*, temps linéaire et mesurable. Il fait référence au temps tel qu'on le connaît, segmenté entre le passé, le présent et le futur, découpé en unités égales dont nous sommes bien familiers : 1 an = 365 jours, 1 trimestre = 3 mois, 1 heure = 60 minutes... Le *kairos*, lui, est le moment opportun, qui symbolise la qualité du temps, quand vous avez l'impression que le temps s'arrête. Enfin, *aiôn* symbolise le rythme de l'univers. C'est le temps des cycles qui se répètent éternellement, à l'image des saisons (printemps, été, automne, hiver), de la respiration (inspiration, expiration) ou encore du sommeil (léger, profond, paradoxal). Vous l'aurez compris : la manière de voir et de calculer le temps ne met pas tout le monde d'accord. Ceux qui en font la meilleure démonstration, ce sont les deux grands philosophes grecs Platon et Aristote, qui défendent une définition opposée du temps. Pour Platon, le temps est le reflet de l'éternité : il bouge et change, mais il essaie d'imiter quelque chose de parfait et d'immuable. Aristote, lui, pense que le temps est simplement la façon dont on mesure le changement, une succession d'instantanés qui passent. Dans l'Antiquité, tout le monde semblait s'entendre néanmoins sur ce point : les calendriers étaient façonnés par le rythme de la nature et en fonction des besoins des cités, et se basaient sur des cycles lunaires et solaires. Certaines civilisations, comme les Égyptiens, utilisaient un calendrier reposant sur le cycle du Soleil, tandis que d'autres, comme les Grecs, privilégiaient un calendrier lunaire, ajusté régulièrement pour correspondre aux saisons. Chaque cité grecque avait ainsi son propre système de datation, avec des mois et des fêtes locales qui structuraient la vie sociale, politique et religieuse. Certains événements, comme les Jeux olympiques, servaient de repères communs à l'ensemble du monde grec. Organisés tous les quatre ans dans la ville

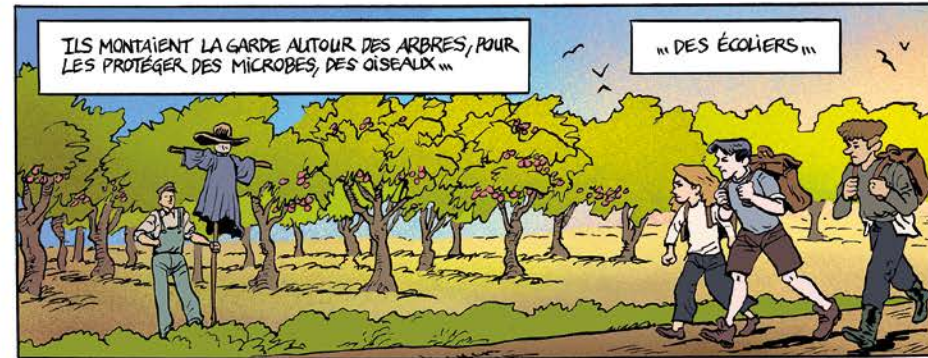
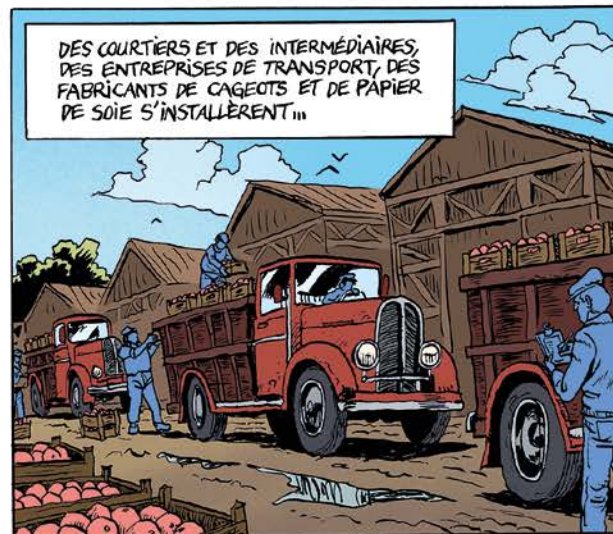
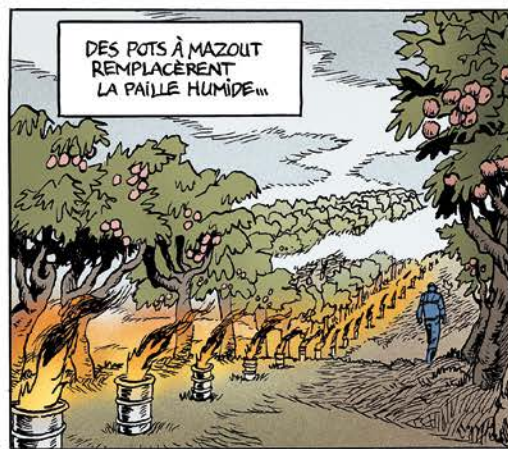
d'Olympie, ils permettaient de synchroniser les différentes cités, qui ajustaient temporairement leur calendrier pour y participer. Des rendez-vous communs qui ont fondé l'unité culturelle des Grecs, malgré la diversité de leurs systèmes de mesure du temps. Si l'on parle souvent des calendriers quand on évoque le temps qui passe, on parle plus rarement des mythes et des légendes qui ont pourtant aussi eu un rôle important dans la représentation du temps. Dans la mythologie grecque par exemple, le temps n'est pas seulement une grande horloge qui tourne. Il est aussi une histoire tissée par trois mystérieuses sœurs : les Moires. Ces trois déesses décident du destin de chaque être humain, de sa naissance à sa mort. Clotho, la première sœur, décide quand et comment un bébé vient au monde. Lachésis, la deuxième, choisit combien de temps chaque personne va vivre et quels grands moments marqueront son existence. Atropos, la dernière, coupe le fil de la vie quand l'heure est venue. Les Grecs, pour qui la notion du destin et de la mort inéluctable est centrale, croyaient d'ailleurs que personne ne pouvait échapper aux Moires, pas même les dieux ! Un autre mythe va d'ailleurs dans la même direction : celui de Kronos, un titan qui dévore ses enfants pour ne pas être détrôné. Comme lui, le temps avance sans retour, avalant tout sur son passage : les jours, les souvenirs, les civilisations. Rien ne lui échappe, mais c'est aussi lui qui fait grandir et évoluer le monde. À prendre ou à laisser !

Le temps chrétien (occidental)

Le calendrier chrétien, fondé sur le calendrier grégorien instauré en 1582, structure le temps en fonction de la vie du Christ. Il repose sur un cycle linéaire répétitif marqué par des fêtes religieuses : Noël célèbre la naissance de Jésus, Pâques sa résurrection... Ces fêtes rythment l'année liturgique, soit l'ensemble de l'histoire du salut et de la vie du Christ, au cours d'une année. Héritier du calendrier romain, il scinde l'Histoire en deux ères : avant et après Jésus-Christ. Depuis longtemps et encore aujourd'hui, bien que laïcisé, le temps chrétien demeure la référence temporelle dominante dans le monde occidental et dicte les temps sociaux : dimanches chômés – aussi appelé repos dominical –, calendrier scolaire aligné sur les fêtes, et saisons agricoles régies par le Carême ou la Toussaint.







... DES ÉCOLIERS ...



LA CHIMIE A CONTINUÉ À PROGRESSER... LES MALADIES ET LES ESPÈCES DE RAVAGEURS AUSSI...



CERISES
Chili 18,99€/kg

RAISINS
Argentine 15,90€/kg

PÊCHES
Espagne 5,90€/kg

ORANGES
Afrique du Sud 4,50€/kg

HARICOTS VERTS
Kenya 9,90€/kg

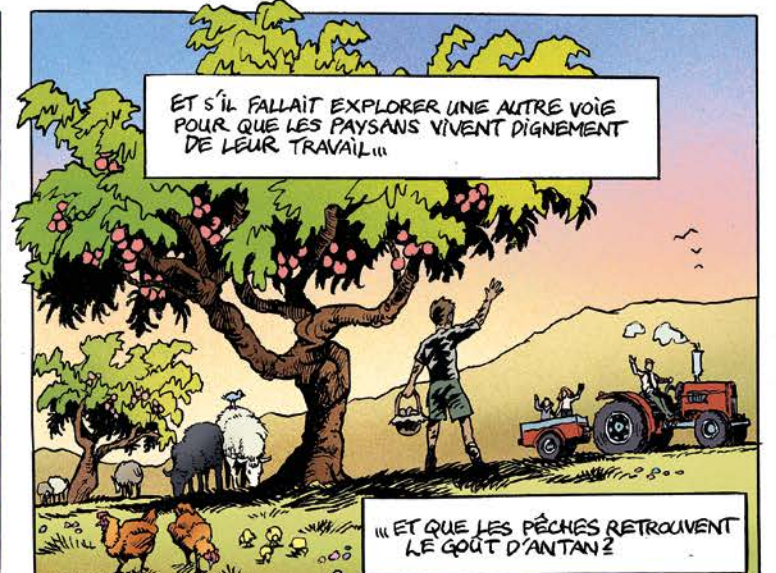
ET MÊME PAR AVION, POUR CEUX QUI ONT DES ENVIES PRESSANTES À NOËL!



SURVEILLANCE DRONE ET 5G...

IA ET BIG DATA...

ROBOT DÉSHERBEUR AUTONOME...



... ET QUE LES PÊCHES RETROUVENT LE GÔÛT D'ANTAN?

librement inspiré du texte de Jean Giono "Retour en arrière" dans le recueil "Les trois arbres de Palzem" (Gallimard, 2006)

Les penseurs du temps

texte Anaëlle Tramaille illustrations Iris Hatzfeld

Rendre le temps palpable n'est pas chose aisée. Malgré tout, au fil des siècles, sa mesure et sa conceptualisation ont animé de nombreux esprits. Tels des marqueurs d'une époque et d'une représentation du monde, voici des portraits d'hommes et de femmes qui ont contribué à l'appréhension du temps.



SHI SHEN ET GAN DE
(IV^e s. av. J.-C.)
Le temps astral

Astronomes chinois, ils vécurent à une époque où l'astronomie était l'expression de l'ordre social et religieux. Exerçant sous l'autorité de l'empereur, ils avaient pour mission de calculer le temps grâce à l'observation des astres afin d'annoncer le premier jour de chaque mois et de prédire les éclipses lunaires. Ils sont principalement célèbres pour avoir découvert le positionnement de 121 étoiles.

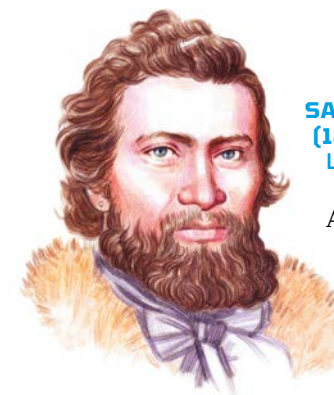


ISAAC NEWTON (1642-1727)
Le temps absolu

En 1687, dans son œuvre *Philosophiæ naturalis principia mathematica*, le physicien, philosophe et mathématicien anglais expose la loi de la gravitation qui le rendra célèbre. Père fondateur de ce que l'on nomme la mécanique classique, il a formulé des théories sur les corps en mouvement et a introduit le concept de temps absolu. Nommée aussi durée, celle-ci correspond à un temps « mathématique » qui s'écoule uniformément et indépendamment de tout facteur extérieur, partout dans l'univers.

HYPATIE D'ALEXANDRIE
(vers 350-415 apr. J.-C.)
Le temps transmis

Brillante intellectuelle gréco-égyptienne assassinée pour son savoir, elle est considérée comme l'une des plus grandes scientifiques de son temps. Reconnue publiquement dans des domaines tels que les mathématiques, la philosophie et l'astronomie, elle consacra sa vie à leur étude et à leur enseignement. On lui attribue d'ailleurs la transmission de connaissances sur l'astrolabe, un instrument utilisé pour calculer la date et l'heure en se basant sur les positions des étoiles et des planètes.



SANDFORD FLEMING
(1827-1915)
Le temps unifié

Arpenteur, inventeur et ingénieur canadien, on lui doit la création de l'heure standard, encore en usage de nos jours. Adopté en 1884, ce système universel

qui divise le monde en 24 fuseaux horaires vint mettre fin au réglage différencié des horloges, jusque-là basé sur la position du soleil dans chaque ville. C'est en 1871, alors qu'il est ingénieur en chef du chemin de fer Canadien Pacifique, que l'idée d'unifier le réseau horaire lui paraît indispensable.

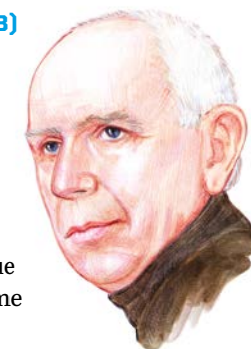


HANNAH ARENDT (1906-1957)
Le temps à l'œuvre

La question du temps est l'un des fils directeurs de la pensée de la politologue et philosophe allemande, naturalisée américaine. Connue pour ses travaux sur la modernité et l'activité politique, elle participa notamment à introduire l'idée de la « linéarité » du temps. Selon elle, c'est en faisant de la naissance du Christ un point de repère chronologique central pour dater les événements passés et ceux à venir, que cette linéarité a pu s'inscrire dans les esprits.

PAUL VIRILIO (1932-2018)
Le temps tyrannique

Pour ce grand architecte et philosophe français, gagner du temps, c'est perdre le monde. Penseur atypique du XX^e siècle, il développa une vive critique de la vitesse et proposa même la création d'un ministère du temps visant à reprendre pied dans le réel. Selon lui, le « en temps réel » permis par l'ultravitesse des nouvelles technologies nous fait perdre la réalité du temps et des rapports aux autres ; il représente une menace pour l'humanité.



HENRI BERGSON
(1859-1941)
Le temps vécu

Dès 1889, avec son *Essai sur les données immédiates de la conscience*, le philosophe français révolutionne la question du temps. Il y développe le concept central de sa pensée sur la durée, qu'il oppose au temps scientifique. Pour lui, ce n'est ni une horloge ni un calendrier qui permet d'éprouver la durée, mais l'expérience de la réalité du temps. La « durée pure » de Bergson se vit ! Elle saisit la continuité d'un même phénomène et est liée à la conscience de l'observateur.



WENDY FREEDMAN
(1957-)
Le temps cosmologique

L'astronome et cosmologue canado-américaine a reçu la *National Medal of Science* en 2025 pour ses travaux sur la mesure de la constante d'expansion de l'Univers, aussi nommée constante de Hubble. Grâce à de savants calculs basés sur l'observation d'astres très lointains, comme les étoiles géantes rouges, Freedman tente de quantifier l'évolution de l'univers en déterminant sa taille et son âge absolus.

Points de vue

130

Idée

L'arbre, le temps
et le projet

134

Regards croisés

Quels sont les apports
de l'IA aux métiers
de la conception ?

136

Regards croisés

Comment intégrer
la terre crue
dans la conception
de son projet ?

IDÉE

L'arbre, le temps et le projet

texte Hiba Debouk

Être vivant à part entière, l'arbre ne peut se dessiner et s'implanter dans nos projets comme un simple mobilier urbain figé. Source de vie, acteur-clé du monde de la biodiversité, l'arbre raconte le temps et sa silhouette porte la marque des saisons. C'est d'ailleurs probablement l'un des indicateurs les plus clairs de l'évolution du paysage au fil du temps. Comment les concepteurs intègrent-ils le temps des arbres ? Et quel rapport entretient l'acte de conception à ce bien d'intérêt général ?

Les nombreux pouvoirs des arbres

L'arbre n'a rien d'un objet. C'est un organisme évolutif et changeant, appartenant au vaste monde du vivant dont nous, humains, faisons également partie. À l'instar des humains, un arbre naît et grandit. Il respire, transpire et a besoin de se nourrir. Il partage d'ailleurs avec l'espèce humaine un bon nombre de besoins vitaux comme ceux de l'accès à l'eau, à l'air ou à la lumière. Une forme de vie sans queue ni tête, semi-enterrée, semi-aérienne, aux formes multiples, qui entretient une relation complexe avec l'existence humaine. Capteurs de carbone dans un monde où la question de la décarbonation

occupe une place prépondérante, les arbres sont également capables de piéger bien d'autres polluants. Ils interceptent le ruissellement des eaux et régulent leur afflux, stabilisent les sols et en préviennent l'érosion, rafraîchissent l'air par leur couvert comme par l'évapotranspiration... et les écosystèmes qu'ils abritent de leur vivant, comme de leur mort parfois, sont d'une richesse extraordinaire ; ils grouillent ainsi d'une vie absolument indispensable à l'habitabilité de la Terre. En milieu urbain, et même au-delà, ils sont également capables de jouer un véritable rôle d'antidote aux nuisances du quotidien. Sources de spiritualité, de poésie, de passion et de beauté, ils

occupent une place fondamentale dans certaines formes de thérapie qui y puisent soin, bien-être et énergie, pour le corps comme pour le mental. Les arbres ont ainsi beaucoup apporté aux humains. Mais ils ont malheureusement bien peu reçu en retour, comme le rappelle le botaniste et biologiste Francis Hallé dans *La Vie des arbres*¹. Fragilisés, transplantés, déracinés, parfois abattus pour les besoins mêmes de la société humaine, par les dynamiques de développement urbain et d'expansion des villes, les arbres, alliés humains aux bienfaits pourtant multiples, ont été négligés, voire maltraités. Des pans entiers de forêts et de couvertures arborées

ont ainsi disparu à une vitesse spectaculaire de la surface de la Terre, par manque de conscience collective du besoin de protection de ce bien commun².

Un nouveau règne de l'arbre dans le projet ?

Depuis plusieurs années, une attention croissante se développe à l'égard des arbres, dans le monde de l'aménagement et de la conception des espaces publics. En tant que marqueurs parmi d'autres du dérèglement climatique, et surtout véritables supports d'une pléiade de services rendus aux humains, leur préservation devient une priorité et leur réintégration en ville, une nécessité. Les projets qui affichent ainsi des ambitions de plantation de plusieurs centaines ou milliers d'arbres en milieu urbain se multiplient, comme le plan Canopée, adopté en décembre 2017 par le conseil de la Métropole de Lyon, avec l'objectif de planter 3 000 arbres supplémentaires par an, ou celui de Bordeaux Métropole annoncé en 2020 avec l'objectif de planter un million d'arbres, ou encore le projet Mille Arbres de la Compagnie de Phalsbourg à Paris... Dans les rues, sur les places, dans les parcs et jardins, comme dans les projets immobiliers, l'arbre est la pièce maîtresse des projets de végétalisation et des stratégies de reconquête de la nature sur des espaces historiquement dominés par le bitume et le béton.

Cette nouvelle place accordée à l'arbre dans le projet change le rapport au temps de l'acte de conception. Car l'arbre, dans son esthétique comme dans ses bienfaits, ne peut se penser qu'à l'échelle d'un temps long, qui dépasse systématiquement celui du projet. L'arbre est, par ailleurs, doté d'une dimension spatio-temporelle caractéristique du monde des vivants. Il grandit en propageant ses racines dans le sol et sa couronne dans l'air. Il est donc ancré spatialement dans

un volume évolutif sous une forme mouvante. Doté d'une vie et d'une existence temporelle marquées par les saisons et leur passage, il incarne parfaitement la rencontre du temps et de l'espace dans le projet. Son besoin d'interaction avec son écosystème nécessite une prise en compte de son évolution sous cette double étiquette spatiale et temporelle, dès les premières phases de conception d'un projet. Concepteurs et créatifs se rendent ainsi bien vite compte qu'un arbre ne peut être dessiné comme un mur, une bordure, un revêtement de sol ou un banc... car il est mouvant, changeant, et son apport de bienfaits et de services écologiques comme climatiques ne peut être garanti dans le temps que par son évolution dans de bonnes conditions et en bonne santé. L'acte de conception prend alors une tout autre dimension : le concepteur, qu'il soit architecte, paysagiste ou ingénieur, ne conçoit plus. Il plante la vie dans les projets, une vie qu'il se doit ensuite d'accompagner, de développer et de préserver en la projetant sur le temps de l'existence et en lui offrant les meilleures conditions pour croître. Il cherche sans cesse à harmoniser spatialité et temporalité. S'engage alors un nouveau rapport du projet au temps, qui implique non seulement les dynamiques propres à l'arbre, mais aussi son fonctionnement en interaction avec l'environnement dans lequel il s'insère.

Une conception entre temps et espace

L'arbre se dessine et se conçoit ainsi avec ce double soin, cette double attention à apporter à son implantation spatiale et physique d'une part, et à l'évolution de cette occupation de l'espace, souterrain comme aérien, par le fait du temps d'autre part. La projection spatio-temporelle à 10 ans, 15 ans, 20 ans et même au-delà s'avère alors nécessaire à plusieurs titres. Pour anticiper le

volume du système racinaire qui, s'il est contraint, finira par fragiliser l'arbre, ou même dégrader les ouvrages souterrains voisins. Pour prévenir les éventuels impacts du développement des couronnes sur les perspectives et points de vue en milieu urbain, et garantir les transparences visuelles à maintenir sur les moyen et long termes. Ou même, en lien avec les fonctionnalités rendues par l'arbre, pour assurer des services climatiques d'apport de fraîcheur et d'ombre, à la hauteur des enjeux locaux recherchés. Et à plus court terme, pour préfigurer les changements de paysage que peuvent occasionner les variations saisonnières sur le feuillage et la silhouette des arbres. Car l'arbre porte l'empreinte des saisons qui en façonnent la forme et la couleur. D'ailleurs, les modes de représentation des arbres dans les projets, qui en disent long sur la manière avec laquelle nous, concepteurs, les considérons, ont connu et continuent à connaître un renouveau graphique dont l'objectif est de mieux incarner cette complexité spatio-temporelle. De nombreux urbanistes, paysagistes et architectes ont ainsi revu, il y a plusieurs années maintenant, leur approche graphique de la figure de l'arbre, en coupe comme en plan, pour y intégrer un système racinaire invisibilisé jusque-là ou un rapport à certaines saisons oubliées des standards visuels, ou une articulation autrefois impensée avec le monde du vivant faunistique... Ces éléments jadis partiellement ou totalement absents de la fabrique graphique des disciplines de la conception deviennent aujourd'hui des fondamentaux de l'imaginaire de l'arbre du projet. Impossible d'ailleurs de ne pas citer, à ce titre, le manuel *Terra Forma*, manifeste de redéfinition de la pratique cartographique publié en 2019, qui revient sur cette idée d'un *continuum* espace-temps dans lequel les corps vivants interagissent, et qui propose des outils cartographiques

permettant à la fois de dessiner des arbres dans leur écosystème territorial comme dans leur rapport au temps³. Fruit de la collaboration entre deux architectes et une historienne des sciences, cet ouvrage, qui s'intéresse à la fois à la révélation du paysage comme à sa fabrication, rappelle l'impératif de redéfinition de la pratique du dessin dans le renouveau de la conception : pour concevoir autrement, il faut voir et donner à voir autrement. Certes, nous approchons ainsi davantage les arbres comme des « modèles vivants » plutôt que des « natures mortes⁴ ». Mais le monde de la création architecturale et paysagère reste naturellement et principalement au service de l'humain, cible première des choix de conception.

Un prisme malgré tout anthropocentré

Bien que les concepteurs soient ainsi systématiquement appelés à convoquer le temps long des arbres, de plus en plus présent dans leurs projets, pour imaginer la perpétuelle évolution du paysage qu'ils dessinent, l'acte de conception n'échappe toutefois pas à l'urgence des besoins humains, et parfois à leur court-termisme. L'arbre du milieu urbain, celui que l'on plante dans le cadre d'un aménagement, est par exemple très souvent un arbre transplanté, qui vient d'ailleurs, d'une pépinière la plupart du temps, et qui a quelque part été « expatrié », extrait à sa dimension spatiale originelle. L'arbre du projet est, aussi, la plupart du temps un arbre déjà adulte, né ailleurs. Il s'agit là d'un point intéressant dans l'analyse du rapport du projet au temps de l'arbre, car il semble que la recherche de paysage, bien qu'évidemment non constitué à un stade fini, définitif ou terminé au moment de la livraison d'un projet, cible tout de même des prémices de forme émergente forcée. La construction de paysage n'échappe donc pas à l'im-

pératif de donner à voir, vite, une esthétique idéalisée, qui se défait du rythme du vivant non-humain et qui évite aux humains d'attendre 5, 10 ou 20 ans avant de pouvoir bénéficier des services attendus, qu'ils soient d'ordre décoratif (l'impact esthétique d'un arbre dans un paysage de rue ou de jardin), climatique (confort d'ombrage ou de fraîcheur), nourricier (production fruitière)... Car oui, bien que l'arbre connaisse de nos jours de nouvelles heures de gloire, dans l'acte de conception comme dans les discours politiques, le regard dans le projet reste dominé par un prisme anthropique : l'arbre est avant tout là pour répondre à nos besoins et obéir à nos désirs. On l'arrache, on l'extrait de son berceau d'origine pour le mettre ailleurs, on le taille, on l'élague, car c'est bien notre besoin. Le propos ici n'est pas d'appeler à systématiser les plants d'arbres à partir de germinations de graines – ce qui revêt son lot de difficultés en ville – ou de mettre fin aux opérations de transplantation d'arbres en toutes circonstances. L'enjeu est plutôt celui d'une meilleure prise en compte des conditions de l'arbre dans le projet. Certes, des améliorations en ce sens s'opèrent, mais une attention sensible à leur fragilité reste à cultiver dans nos esprits comme dans nos projets, et une cohérence reste parfois à trouver entre une intention politique ambitieuse, un acte de conception en recherche d'esthétique et un vécu finalement contraint pour l'arbre en ville. Il peut être intéressant de rappeler à ce titre plusieurs démarches engagées récemment dans cette voie par des métropoles comme Rennes, Nantes ou Lyon pour mettre en place des chartes de l'arbre. L'objectif est d'accroître le nombre de plantations en ville, mais aussi et surtout de mieux protéger le patrimoine arboré existant, d'améliorer les conditions de plantation et enfin de renforcer plus largement les droits du vivant.

Il faut savoir, en effet, prendre réellement soin de nos arbres, car comme le rappelait le dernier numéro de POST⁵, nous, immodestes humains, ne représentons que 0,01 % du vivant⁶. Pour reprendre les propos de Gilles Bœuf⁷ : « *Acceptons définitivement que nous appartenons à la biodiversité, et que nous avons besoin des autres espèces.* » Et trouvons les moyens de changer de regard pour nous replacer en harmonie dans le grand monde du vivant. •

1. Francis Hallé, *La Vie des arbres*, Bayard, 2024.

2. Les forêts couvrent 3,9 milliards d'hectares de notre planète, soit environ un tiers de sa superficie terrestre. La perte annuelle de couvert forestier mondial a ralenti depuis le pic atteint en 2016 (29,6 millions d'hectares), mais reste supérieure à la moyenne 2000-2015 avec une moyenne annuelle de 25 Mha perdus par an (source : Global Forest Watch, 2023).

3. Frédérique Aït-Touati, Alexandra Arènes, Axelle Grégoire, *Terra Forma. Manuel de cartographies potentielles*, Éditions B42, 2019.

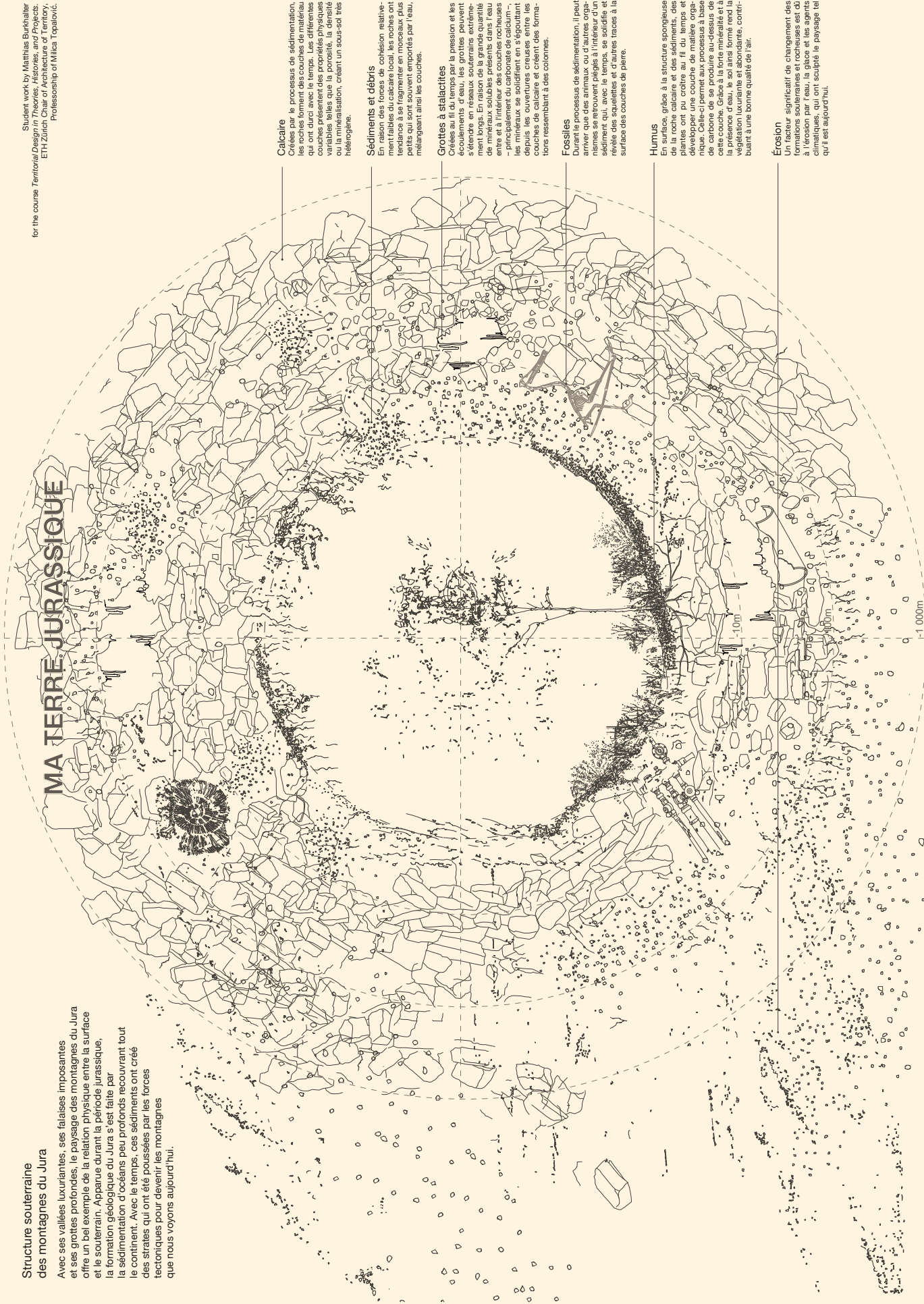
4. Axelle Grégoire, « Natures mortes/ modèles vivants. Vers de nouvelles propositions pour la fabrique graphique de l'arbre dans le projet urbain », thèse au Muséum national d'Histoire naturelle, 2024.

5. POST n°3, AREP Éditions, juillet 2024.

6. Les humains représentent 0,01 % de la somme de toute la biomasse vivante sur Terre, en milliards de tonnes (Gt) de carbone contenu.

7. Gilles Bœuf, professeur à Sorbonne Université, président du Centre d'étude et d'expertise sur le biomimétisme, professeur invité au Collège de France, ancien président du Muséum national d'Histoire naturelle, ancien conseiller scientifique au cabinet du ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer.

→ Carte extraite de *Terra forma : Manuel de cartographies potentielles*, par Alexandra Arènes, Axelle Grégoire et Frédérique Aït-Touati (B42, 2019) : travail de représentation graphique du sous-sol, du sol et de l'arbre



REGARDS CROISÉS

Quels sont les apports de l’IA aux métiers de la conception ?

propos recueillis par Nina Guérineau de Lamérie

Si l’intelligence artificielle n’a pas vocation à remplacer les architectes, dont l’imagination est irremplaçable, elle les assiste néanmoins de plus en plus dans leurs tâches quotidiennes. Génération d’images, analyse de textes et prise de comptes rendus, cette nouvelle technologie fait avant tout gagner du temps à celles et ceux qui ont appris à l’exploiter.

Marc Seifert est architecte spécialiste de l’IA et président de l’agence A26 Architectures.
« Au sein d’A26, l’intelligence artificielle, c’est déjà notre quotidien ; nos équipes testent sans cesse de nouveaux outils. Trois grandes familles de solutions se dégagent et modifient nos usages professionnels. Tout d’abord, les outils de génération d’images. Ceux-ci permettent la production rapide d’alternatives, surtout en phase de concours où le temps est précieux, facilitant l’expérimentation de multiples options architecturales en un temps record ! Par exemple, *via* des IA génératives, nous insérons nos maquettes 3D et des images de référence pour obtenir des idées de rendus ou tester des matérialités en

seulement quelques clics. Nous utilisons également les outils de retouche d’image pour améliorer la lumière ou bien enlever des éléments qui viendraient parasiter la photo (des panneaux de signalisation, une personne qui traverse...) de façon automatique. Ensuite, nous avons beaucoup recours aux outils de génération de comptes rendus. Comme tous nos confrères et consœurs, nous faisons énormément de visioconférences (réunions de conception, réunions de chantier, etc.) et ces générateurs fonctionnent plutôt bien, permettant ainsi aux équipes de gagner de précieuses heures en rédaction. Enfin, nous utilisons aussi les outils d’analyse de données. L’analyse de documents, comme des contrats-types

ou des programmes de concours, est désormais confiée à une IA interne afin qu’elle effectue des synthèses ultra rapides. Les documents de base sont toujours lus par nos équipes mais, ici, l’IA nous permet de créer une base de données et de comparer des textes entre eux, à l’instar de clauses contractuelles. Nous utilisons l’intelligence artificielle comme des assistants intelligents : ces technologies existent pour nous faire gagner du temps, ressource toujours trop rare pour un architecte ! Nos équipes conservent leur rôle décisionnel, tout en bénéficiant d’un gain de temps leur permettant de faire davantage de création. »

Élodie Hochscheid est architecte diplômée d’État, docteure en architecture, enseignante titulaire à l’Ensa Nancy, chercheuse (laboratoire Crai') et mène des travaux de recherche sur l’IA dans le secteur de la construction.

« L’intelligence artificielle, qui a fait une percée fulgurante depuis les années 2010 dans bon nombre de métiers, questionne. Mais pour comprendre ses usages et ses conséquences dans les métiers de la conception, il faut revenir sur ce qu’est l’acte de concevoir. Parfois définie comme une activité de résolution de problèmes, la conception intègre aussi la définition du problème et son cadrage, qui évolue tout au long du processus de conception. La pensée créative inclut des phases de divergence (produire de nombreuses idées) et de convergence (sélectionner, affiner, intégrer les contraintes). La grande diversité des IA actuellement disponibles (génération et analyse de textes, génération d’images, analyse et classement de documents, etc.) peut s’inscrire dans l’ensemble de ces phases. Par exemple, la phase de recherche peut être supportée par des outils textuels, comme NotebookLM ou ChatGPT, qui permettent de naviguer plus facilement dans des documents longs et parfois fastidieux à analyser (cahiers des charges, règlementations, etc.). En architecture et en ingénierie, les idées et le projet sont développés et communiqués sous forme d’images : la conception est le lieu d’un dialogue constant entre pensées et représentations. Une partie importante des explorations des IA pour la conception architecturale concerne donc naturellement la génération d’images, qui commence à être investie par des agences d’architecture : on génère des images à partir de photographies de maquettes, de croquis, de textes ou d’images d’architecture

pour explorer des possibilités de projet. Cela augmente la diversité des solutions explorées dans un temps plus court. En définitive, les outils d’IA, tels qu’ils sont aujourd’hui utilisés, n’ont pas vocation à se substituer aux concepteurs – la conception est l’une des activités cognitives les plus complexes – mais à augmenter leurs capacités sur certaines tâches. »

Olivier Celnik est architecte DPLG², enseignant et directeur du mastère spécialisé BIM³ à l’École nationale des ponts et chaussées, mais aussi membre du Conseil national de l’Ordre des architectes et spécialiste de l’IA dans l’architecture.

« L’IA devient une réalité quotidienne, ou presque, pour les acteurs de la conception architecturale et urbaine. On est sans doute déjà loin de la statistique publiée dans l’étude “Archigraphie 2024-26” : “19 % des architectes du panel expérimentent l’IA ou collaborent avec une agence ayant investi dans cette technologie.” Aujourd’hui, 66 % des usages se concentrent sur la recherche d’images, et 80 % sur la recherche d’informations et le rédactionnel. La conception d’un projet commence par une réponse à un appel d’offres où l’on doit rédiger une proposition accompagnée d’une note méthodologique ou d’un projet. L’IA nous fait gagner du temps sur ces phases amont : elle permet d’analyser rapidement les appels d’offres et donne à l’architecte des indicateurs (contexte urbain, programme, réglementations, etc.) pour évaluer la pertinence de postuler ou non. L’IA aide aussi à la présentation d’un projet : elle peut produire des images de référence à partir de quelques indications ou habiller de façon crédible un premier volume 3D. Ces images aident les concepteurs à réfléchir, mais aussi à dialoguer entre eux et avec leur client.

Certains outils peuvent également réaliser des études de capacité de construction après analyse d’une parcelle et d’un plan local d’urbanisme. D’autres savent dessiner différents plans dans des structures existantes. On obtient parfois des résultats inattendus, mais toujours pertinents, ce qui peut amener à dépasser ses habitudes. L’IA joue actuellement le rôle d’un assistant utile si l’on sait lui poser les bonnes questions, l’orienter en cours de route et exploiter avec esprit critique ses propositions. Elle pourra sans doute aider à prendre en compte des paramètres de projet de plus en plus nombreux et complexes, à présenter des alternatives argumentées, ainsi qu’à faire des choix. Elle peut compléter, mais pas remplacer, l’indispensable intuition architecturale, née de la culture, de l’expérience, d’une stratégie et d’une volonté de projet. » •

1. Centre de recherche Art & Image.
2. Diplômé par le gouvernement.
3. *Building information modeling*, ou modélisation des informations du bâtiment – lire page 96.

REGARDS CROISÉS

Comment intégrer la terre crue dans la conception de son projet de bâti ?

propos recueillis par Thibaut Schepman

Longtemps cantonnée à l’architecture vernaculaire, la terre crue s’affirme doucement aujourd’hui comme une solution écologique pour des bâtiments urbains modernes. Mais comment intégrer ce matériau ancestral dans un projet architectural ? Quelles démarches entreprendre, du diagnostic initial à la mise en œuvre, pour garantir la réussite de cette approche vertueuse ?

Paul-Emmanuel Loiret est architecte, cofondateur de l’agence Joly & Loiret et de la coopérative Cycle Terre (première fabrique européenne de matériaux issus de terres recyclées).

« Pour intégrer la terre crue dans votre projet, il faut commencer par vous renseigner sur les ressources locales et identifier des terres disponibles dans un rayon de 50 km maximum, car au-delà, l’intérêt écologique diminue considérablement. Les chantiers d’excavation à proximité constituent d’excellentes sources, comme par exemple les déblais du Grand Paris. Aussi, je pense qu’il faut inverser l’approche conceptuelle habituelle, en partant des propriétés de la ressource disponible plutôt que d’imposer un

concept préétabli. Les contraintes physiques du site doivent également guider l’utilisation optimale de la terre dans votre bâtiment. Cette démarche est la clé d’une architecture écologique et ancrée dans son territoire. Il faut ensuite caractériser précisément la terre récupérée : la composition et le type d’argile, les limons et les sables, notamment, détermineront les techniques constructives adaptées. Chaque région possède ses spécificités de sols correspondant à des techniques : le pisé en Rhône-Alpes, la bauge dans l’Ouest, etc. Sur le plan réglementaire, certaines techniques comme les blocs de terre comprimée bénéficient désormais d’ATEx (appréciation technique d’expérimentation)¹, facilitant l’assurabilité des projets. Pour d’autres

procédés, il faut anticiper un travail approfondi avec les bureaux de contrôle, il faut y travailler dès le début de la conception et documenter rigoureusement ses choix techniques. Concernant la mise en œuvre, il s’agit d’identifier des entreprises formées aux techniques terre. Le réseau s’est considérablement développé mais reste à consolider. Actuellement, la plupart des bâtiments en terre, hormis pour les rez-de-chaussée ou premiers étages (R+1), utilisent ce matériau en remplissage avec des structures en béton ou en bois. L’évolution vers des constructions où la terre devient porteuse constitue à mon avis l’horizon d’une architecture véritablement décarbonée. »

Bastien Neufeind est ingénieur et a créé Terrio, une entreprise spécialisée en pisé et terre crue préfabriquée, après avoir découvert les qualités de ces matériaux en rénovant sa maison près de Lyon.

« La première clé est d’intervenir très en amont dans la conception du projet. Chaque projet a son propre cadre réglementaire qu’il faut aborder de façon réaliste. Ensuite, la caractérisation précise des terres est essentielle. Nous privilégions les terres de déblais ou de carrières pour éviter toute extraction nouvelle. Pour le pisé, nous recherchons des terres argilo-graveleuses. Nous ne pensons pas qu’il faudrait réserver la technique du pisé aux régions où l’on en trouve. Nous faisons le choix de déplacer le matériau pour étendre son utilisation à de nouveaux territoires. Les gains en termes d’économie d’énergie liés à la préfabrication en atelier permettent de compenser les émissions liées à leur transport.

La préfabrication lève des freins historiques à l’utilisation de la terre. De quoi s’affranchir des contraintes saisonnières qui limitaient autrefois les chantiers à la période d’avril à octobre, mais aussi de gagner beaucoup de temps de pose, ce qui permet d’avancer au rythme de la construction moderne. Sur le chantier, nous ne travaillons pas forcément avec des professionnels spécialisés. Nous accompagnons les entreprises de gros œuvre avec un programme de formation adapté : deux heures de formation théorique avant le chantier, deux heures de préparation technique, puis un suivi sur site. Cette approche permet d’intégrer facilement la terre crue dans le processus constructif conventionnel. Pour débiter, je recommande une intégration progressive : commencer par des murs intérieurs, non porteurs par exemple. Ces applications simples sont faciles à justifier auprès des contrôleurs techniques et des assureurs. Malgré l’absence de DTU²

ou d’avis technique, nous parvenons à faire assurer nos réalisations sans difficulté majeure, les contrôleurs techniques réalisant leur propre analyse de risque. Je recommande aussi de visiter des bâtiments en terre crue pour constater, entre autres, le confort d’été grâce à l’inertie³, au déphasage⁴ et à la régulation hygrothermique⁵. »

Flora Marchand est architecte et travaille à cofonder un bureau d’études spécialisé dans l’intégration des terres d’excavation pour les projets de construction. Elle a aussi coordonné la formation « Maçon-ne terre crue » pour le centre Édifice.

« Pour mettre en œuvre un projet en terre crue, il est essentiel de se former et de mettre les mains dans la matière. Participer à des journées d’initiation ou suivre des formations pratiques et théoriques permet de mieux appréhender les spécificités du matériau. Cette expérience pratique offre une meilleure compréhension des contraintes et des possibilités offertes par la terre crue. L’anticipation est également clé. La prise en compte des spécificités du matériau doit intervenir dès la phase de conception, voire même en phase de programmation, pour que les contraintes liées à la terre crue soient bien prises en compte dans le programme et que les équipes de conception se constituent autour de la compétence sur ce matériau. La terre crue impose certaines précautions : on ne conçoit pas un mur en terre crue comme un mur en béton. Il faut par exemple des soubassements adaptés, ou encore des protections ou avancées de toiture pour limiter l’exposition à l’eau. Ensuite, je dirais qu’une collaboration étroite entre architectes, bureaux d’étude et artisans est indispensable. Je sais que des projets peuvent rencontrer des difficultés économiques

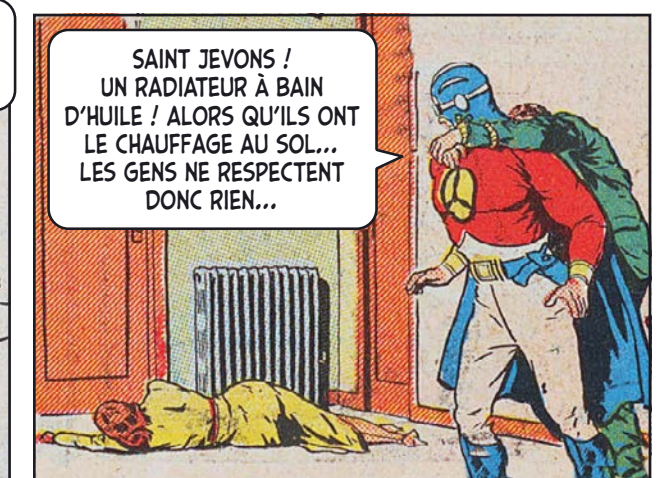
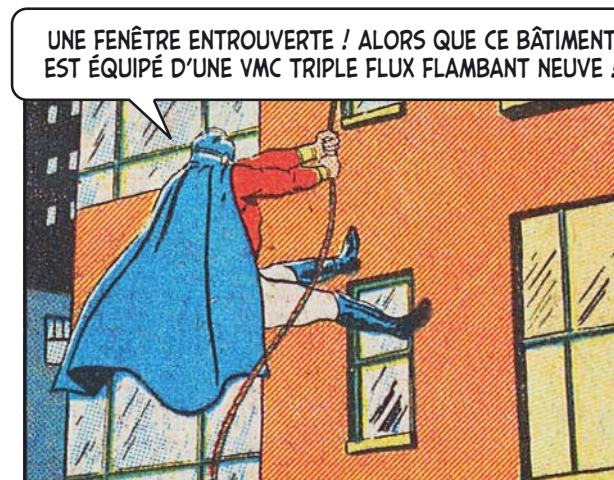
et techniques lorsqu’une entreprise générale réalise le chantier mais soustraite à des spécialistes la partie terre crue, étant elle-même peu expérimentée dans ce domaine. Pour contourner ce problème, je recommanderais de créer des lots spécifiques pour les travaux en terre crue lors des appels d’offres. On peut d’ores et déjà s’appuyer sur des règles professionnelles pour les enduits terre, et sur les guides de bonnes pratiques accessibles sur le site de la confédération Terre crue pour les six principales techniques de mise en œuvre. Enfin, le défi assurantiel reste présent. Si la rénovation de bâtiments anciens en terre ne pose pas de difficulté majeure, la construction neuve peut nécessiter l’obtention d’ATEx ou d’avis de chantiers. Une collaboration avec des bureaux de contrôle favorables, ou a minima familiarisés avec la terre crue, et un suivi rigoureux du chantier facilitent cette étape. En s’appuyant sur les retours d’expériences et en progressant par étapes, la terre crue peut trouver sa place dans de nombreux projets architecturaux, offrant des constructions saines et durables. » •

1. L’ATEx est une procédure rapide d’évaluation de tout produit, procédé ou équipement ne faisant pas encore l’objet d’un avis technique, et dont la mise au point nécessite de mener une expérimentation sur chantier.
2. Document technique unifié (DTU) : applicable aux marchés de travaux de bâtiment en France, il définit les normes d’exécution et de mise en œuvre en vigueur.
3. Capacité d’un matériau ou d’une structure à stocker et à restituer de la chaleur ou de la fraîcheur.
4. Décalage temporel entre le moment où la chaleur ou le froid atteint une paroi extérieure et le moment où il pénètre à l’intérieur du bâtiment.
5. Capacité d’un bâtiment à maintenir un équilibre optimal entre la température et l’humidité de l’air intérieur.

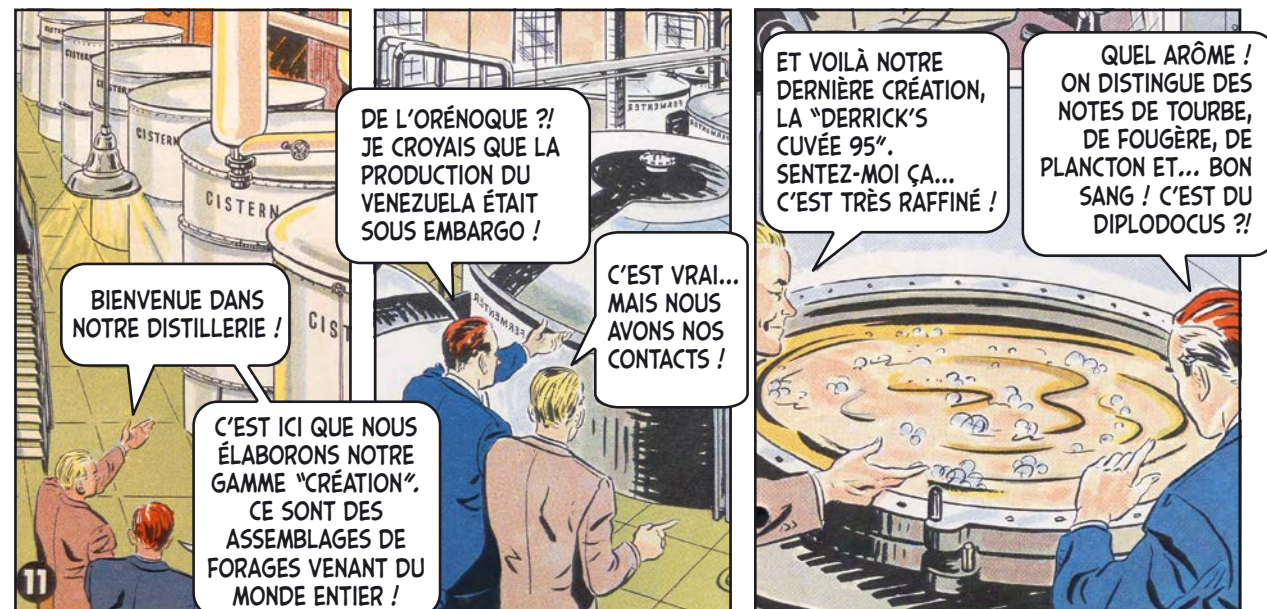
1000 ANS APRÈS LA CATASTROPHE CLIMATIQUE SUR TERRE ET LE TRAUMATISME QUI S'EST ENSUIVI POUR LA RACE HUMAINE, UNE PATROUILLE DE PRÉVENTION INTER-PLANÉTAIRE EST MISE EN PLACE. SA MISSION : ÉVITER LE MÊME SORT À D'AUTRES PLANÈTES. SON MOT D'ORDRE : «PLUS JAMAIS ÇA, SUR TERRE, NI AILLEURS».



2034. MALGRÉ LES MILLIARDS INVESTIS DANS LA RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE DES BÂTIMENTS, LA CONSOMMATION DU LOGEMENT RESTE STABLE. POUR Y REMÉDIER LES POUVOIR PUBLICS ONT ENGAGÉ UN AGENT SPÉCIAL... **THERMOSTAT-MAN !**



CECI EST UNE BROCHURE DU MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DE L'ÉCOLOGIE PUNITIVE. NOUS VOUS RAPPELONS QUE LES INVESTISSEMENTS ÉNERGÉTIQUES ONT VOCATION À RÉDUIRE LA CONSOMMATION. TOUT DÉTOURNEMENT DE L'EFFORT PUBLIC POUR AUGMENTER LE CONFORT EST PASSIBLE DE PUNITION.



HÉ OUI ! "MÈRE NATURE" EST PATIENTE... CERTAINS DE NOS PRODUITS ONT SUBI DES PYROLYSES DE TRÈS LONGUE DURÉE... JUSQU'À 350 MILLIONS D'ANNÉES !



POUR CETTE CUVÉE, NOUS AVONS DÉNICHÉ UN PETIT PRODUCTEUR QUI FAIT DE L'OFFSHORE PROFOND EN ARCTIQUE... UNE VRAIE PÉPITE !

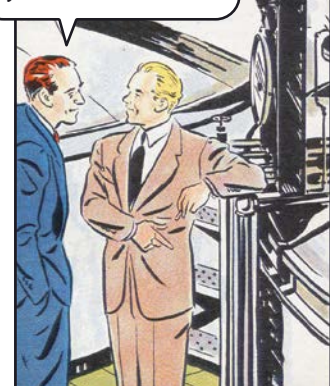


MAIS CE N'EST PAS UN SINGLE OIL, N'EST-CE PAS ? AVEC UNE TELLE COMPLEXITÉ...



ON NE PEUT RIEN VOUS CACHER ! NOUS Y AJOUTONS TROIS GALLONS D'ARABIAN LIGHT VIEILLI EN BARRIL, POUR CASSER LA VISCOSITÉ.

ET DITES-MOI... VOUS NE METTEZ PAS TROP D'ADDITIFS ? VOUS SAVEZ COMME ELLES SONT CAPRICIEUSES AVEC ÇA...



NE M'EN PARLEZ PAS... J'AI LA MÊME À LA MAISON ! MAIS RASSUREZ-VOUS, TOUTS NOS PRODUITS SONT CERTIFIÉS SANS BIO-ÉTHANOL, SULFURES NI AUTRES COCHONNERIES.



Comic détourné : Seagram selling secrets, 1962

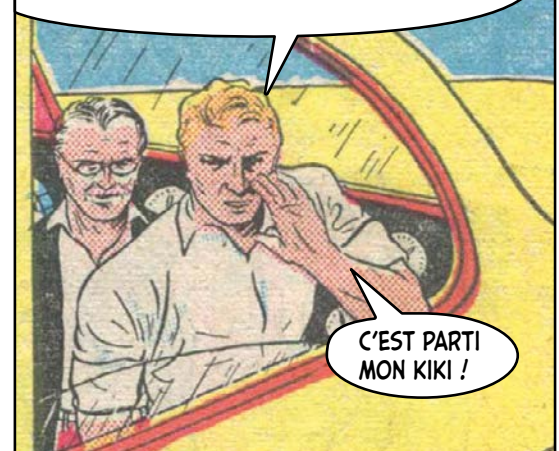
DEPUIS L'OUVERTURE À LA CONCURRENCE DU FERROVIAIRE, LA BATAILLE FAIT RAGE POUR SE DÉMARQUER... EOLENGO, UNE STARTUP DU RAIL, INNOVE EN ASSURANT DES TRAJETS UTILISANT UNIQUEMENT DE L'ÉLECTRICITÉ PRODUITE PAR LES ÉOLIENNES FRANÇAISES...



JEAN-MI ! LE MISTRAL S'EST LEVÉ DANS LE CALVADOS ! ON VA POUVOIR DÉMARRER !



FERMEZ LES PORTES, DÉPART IMMÉDIAT !



JE VAIS DEMANDER AU WAGON-BAR DE METTRE LES SANDWICHS TRIANGLES À CHAUFFER ! TU CROIS QU'ON SERA À L'HEURE À BIARRITZ ?



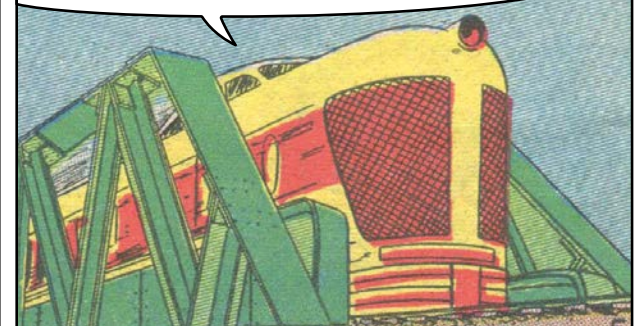
ICI LE COMMANDANT DE BORD ! MERCI AUX VOYAGEURS D'AVOIR PATIENTÉ ! NOUS PROFITONS D'UNE DÉPRESSION SUR LA FAÇADE OUEST POUR METTRE LA GOMME ! ACCROCHEZ VOS CEINTURES !



QU'EST-CE QUI SE PASSE JEAN-MI, POURQUOI ON RALENTIT ?



C'EST DE NOUVEAU VOTRE COMMANDANT DE BORD. NOUS SOMMES STATIONNÉS AU DESSUS DE LA LOIRE. VEUILLEZ NE PAS TENTER D'OUVRIER LES PORTES. NOUS ALLONS ATTENDRE QUE LE VENT REPRENNE DANS LE CALVADOS. MERCI DE VOTRE PATIENCE...



Comic détourné : Amazing Adventure Funnies, 1949

INSPIRATION : LES LECTEURS DE POST NOUS APPELLENT POUR PARTAGER LEURS PETITS GESTES ÉCOLOGIQUES !

UNE FOIS LUE, MA REVUE POST ME SERT DE BIO-COMBUSTIBLE POUR MA CHEMINÉE !

J'UTILISE MES POST-IT EN RECTO... ET VERSO !

J'AI COLLÉ UN STICKER "J'AI ACHETÉ ÇA AVANT DE SAVOIR QUE ÇA POLLUAIT AUTANT" SUR MON SUV !

JE PORTE UN COSTUME TRÈS SERRÉ POUR MINIMISER LES PERTES DE CHALEUR PAR CONVECTION.

JE PLANTE DES ARBRES SUR MINECRAFT POUR COMPENSER LES ÉMISSIONS DES SERVEURS INFORMATIQUES.

NOUS AVONS FAIT CONSTRUIRE UNE VÉRANDA À NOTRE VILLA DU TOUQUET, POUR PROFITER DU SOLAIRE PASSIF À LA MI-SAISON.

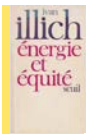
J'AI REMPLACÉ MON SMARTPHONE PAR UN TÉLÉPHONE FILAIRE CHINÉ EN BROCANTE.

JE LIMITE MES CONSOMMATIONS DE TÉLÉCOMMUNICATION EN NE RÉPONDANT PLUS AU DÉMARCHAGE TÉLÉPHONIQUE.

À VOUS DE JOUER ! APPELZ AREP POUR PARTAGER VOS MEILLEURES ASTUCES ÉCOLOGIQUES !

Comic détourné : divers comics libres de droits

Pour aller plus loin



Énergie et équité, Ivan Illich, Le Seuil, 1973, 57 pages
Faisant une critique radicale de la société industrielle axée sur la croissance énergétique illimitée, Ivan Illich montre comment la vitesse conduit inévitablement à des inégalités sociales et à une dégradation de l'autonomie individuelle. Une analyse complétée par celle du philosophe Jean-Pierre Dupuy, en annexe de l'ouvrage (« À la recherche du temps gagné ») dès 1975, dans laquelle il expose le calcul de la « vitesse généralisée » ([lire page 23](#)).



« Tsuyoshi Tane Accrochage - Une archéologie du futur », Cité de l'architecture et du patrimoine (Paris), jusqu'au 4 novembre 2025
L'exposition présente la démarche singulière de Tsuyoshi Tane. Remarquables, trois de ses réalisations invitent à une réflexion sur la relation entre temps, mémoire et acte de construire.



Scientifiction. La physique de l'impossible, Roland Lehoucq, Le Béal, 2024, 320 pages
En démêlant le plausible de l'absurde grâce aux lois de la physique contemporaine, Roland Lehoucq montre comment la science-fiction peut être un fertile terrain de pensée pour imaginer l'avenir.



Geographia, l'odyssée cartographique de Ptolémée, Jean Leveugle, Emmanuelle Vagnon, BnF Éditions, 2024, 160 pages
Cette bande dessinée retrace l'entreprise de Claude Ptolémée au II^e siècle : cartographe le monde connu à l'aide de méthodes scientifiques novatrices basées sur l'astronomie et des récits de voyageurs.



Mémoires d'Hadrien, Marguerite Yourcenar, Gallimard, 1971, 360 pages
Cette autobiographie fictive de l'empereur

romain Hadrien prend la forme d'une lettre adressée à son successeur Marc Aurèle. Il y retrace son existence, offrant une profonde méditation sur l'érosion du temps, la mémoire et la mortalité.



« Le temps n'existe pas, Marc Lachière-Rey révèle la vérité », Science & Vie, Propulse by Reworld Media, 3 mars 2025, 78 min
La physique nous dit que le temps n'existe pas... Mais alors quel sens lui donner ? Marc Lachière-Rey explore ici les grandes énigmes scientifiques sur la nature du temps.



« La fabrique du Temps », Musée de La Poste (Paris), jusqu'au 3 novembre 2025
Comment La Poste a mesuré, organisé et influencé notre perception du temps à travers l'acheminement du courrier ? Cette exposition fait le tour de la question en revenant sur les innovations techniques et enjeux sociaux liés à la domestication du temps en France.

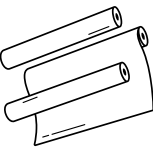


Dans le mur. Un livre d'architecture dessiné et bricolé, Nicola Delon, Benoît Bonnemaison-Fitte, Ronan Letourneur, Premier Parallèle, 2024, 192 pages
Grand voyage visuel, l'ouvrage explore la manière dont l'architecture peut être à la fois brute et créative, entre bricolage et conception, en adoptant une approche plus expérimentale et flexible de l'espace.



Architecton, Victor Kossakovsky, ma.ja.de filmproduktions, 2024, 98 min
Mettant en lumière les tensions entre art et fonctionnalité dans la création architecturale, ce documentaire offre une réflexion poétique sur l'évolution des villes et notre relation au bâti, nous invitant à repenser notre manière d'habiter le monde.

Cette année encore, *POST* a fait l'objet d'une analyse approfondie afin d'extraire des données-clés sur sa chaîne de production et l'empreinte carbone associée à sa fabrication.



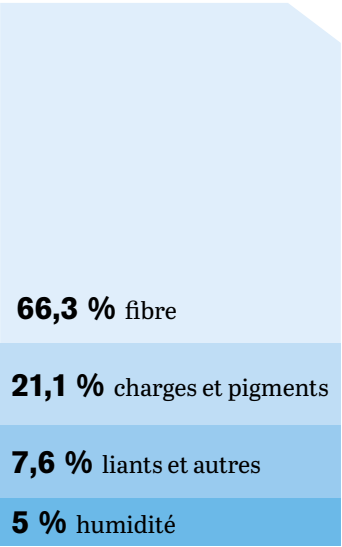
LE PAPIER

Papier non couché
Nautilus White
Recyclé 100 %
Certifié FSC, Ecolabel

Fabriqué par Mondi (Autriche)

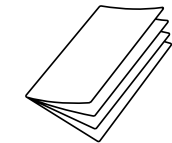
Grammage du papier :
Couverture : 300 g
Intérieur : 120 g

Composition du papier :



Ce papier contient 1 394 kg de CO₂ biogénique (quantité relâchée si brûlé/décomposé) par tonne.

Papier reçu : 2 tonnes
Papier en sortie : 1,286 tonne
Perte (100 % valorisée) : 714 kg



L'IMPRESSION

Imprimeur
Corlet, Normandie

Labellisé Imprim'vert

Presse 8 couleurs sans séchage UV

2 300
exemplaires imprimés

LES ENCRE

Corlet utilise des encres à base d'huile végétale.

Masse d'encre utilisée par couleur :
Cyan : 4,37 kg
Magenta : 4,86 kg
Jaune : 5,35 kg
Noir : 3,18 kg

Quantité d'encre pour 1 exemplaire :
8 g

Composition d'1 exemplaire de 148 pages :

Couverture :
1 cahier de 4 pages

Intérieur :
9 cahiers de 16 pages

Format des feuilles utilisées :
Couverture : 72 x 102 cm
Pages internes : 64 x 88 cm

ET LE CARBONE DANS TOUT ÇA ?

Fabrication du papier
1530 kg CO₂-eq
(combustion de carburants fossiles 77 %, électricité 23 %)
Impression
Estimation : 44 kg Co₂-eq
(fonctionnement de la presse et encre)

TRANSPORT

Usine → imprimeur
1 400 km
soit 531 kg CO₂-eq

Distance moyenne de distribution
393 km
soit 56 kg CO₂-eq

TOTAL
2,1 tonnes de CO²-eq pour 2 300 revues

soit
0,9 kg de CO₂-eq, pour 1 exemplaire (équivalent à 5 baguettes de tradition de 250 g)

Fabrication → 72 %
Transport → 28 %

Sources : Paper Profil, Corlet, ADEME (impactco2.fr), Heideberg



À propos d'AREP
Fondé en 1997, le groupe AREP réunit de multiples compétences : en architecture au travers de sa société d'architecture AREP Architectes, en urbanisme, design, ingénierie, programmation, flux, conseil et management de projet. Avec ses filiales en France et à l'international, le groupe apporte des réponses concrètes aux enjeux de l'urgence écologique des territoires. Il contribue à la recherche, au débat public et à l'évolution des pratiques par ses publications, notamment sa revue *POST*. Implanté en France et à l'international, le groupe AREP compte près de 1 100 collaborateurs de 40 nationalités différentes.

POST N°4, juillet 2025

DIRECTION DE LA PUBLICATION
Raphaël Ménard et Philippe Bihouix

DIRECTION ÉDITORIALE
Élise Dageons et Philippe Bihouix

CONSEIL ÉDITORIAL
Olivier Cohen de Timary (Socialter)

RÉDACTRICE EN CHEF ET RESPONSABLE ÉDITORIALE
Morgane Delarc (AREP)

GESTION DE PROJET ET COORDINATION ÉDITORIALE
Gaëlle Bon-Simonetti, assistée d'Anaëlle Tramaille (Socialter)

MAQUETTE
Claire Hennebo (Socialter)
Direction artistique originale : Marine Benz

SECRÉTARIAT DE RÉDACTION
Nina Metais et Solène Peynot (Socialter)

JOURNALISTES ET AUTEURS
Gaëlle Bon-Simonetti, Marie Chaumaz, Hiba Debouk, Morgane Delarc, Pauline Fricot, Christelle Gilabert, Matthieu Goudeau, Nina Guérineau de Lamérie, Antoine Guriec, Raphaël Ménard, Agnès Nabat, Arnaud Passalacqua, Victoire Radenne, Grégoire Robida, Stéphanie Sauget, Thibaut Schepman, Stanislas Taboureau, Anaëlle Tramaille, Véronique Veston, Caroline Vinet, Alexis Vrignon

COUP D'ŒIL
Données collectées par Émilie Bajolet, Philippe Bihouix, Morgane Delarc, Florence Michel
Data design : Julien Peltier, WARFOG

ILLUSTRATION DE COUVERTURE
« Locomotion animale, planche 759 » tirée de *Locomotion animale : une enquête électro-photographique sur les phases successives des mouvements des animaux, 1872-1885*, Eadweard Muybridge, université de Pennsylvanie, J.B. Lippincott Company, 1887 © Boston Public Library

PHOTOGRAPHIES ET CARTOGRAPHIES
Grand entretien p. 16 : Ludo Charles
Portfolio p. 86-91 : *Atlas des Régions Naturelles* © Eric Tabuchi et Nelly Monnier
Portfolio p. 112-117 : travail de recherche d'archives et réalisation des cartes par Véronique Veston et Robin Verna © Studio Patrimoine AREP

ILLUSTRATIONS
Iris Hatzfeld, Claire Martha

BD
Bandes Détournées, *L'homme qui vendait des arbres* : Philippe Bihouix, Vincent Perriot, Maëlys Cantreau

AVEC LES CONTRIBUTIONS DE
Simone Burth, Raphaël Daufresne, Louis Deloche, Anne-Cécile Florès-Raymond, Jérémie Garric, Émilie Lacaille, Matthieu Lerondeau, Mélina Mulin, Félix Pouchain, Grégoire Robida, Charlotte Villiot

RELATIONS PRESSE
comarep@arep.fr

DIFFUSION LIBRAIRIES
Pollen-Difpop

IMPRESSION
Imprimé en France par Corlet Imprimeur (Condé-en-Normandie)

Papier intérieur et couverture : Nautilus Classic



POST a été créé et conçu avec l'aide de Socialter, média indépendant.

POST, édité par AREP.
Siège social : 16 avenue d'Ivry, 75013 Paris

ISBN : 978-2-494447-11-0
Dépôt légal : juillet 2025

© 2025, AREP éditions.
Tous droits réservés pour tous pays.

Intervenants et contributeurs

Tous nos remerciements à l'ensemble des personnes qui ont contribué au quatrième numéro de la revue *POST*, en particulier :

AREP

Alexandre Auvray
Ludivine Auvray
Sébastien Baillin
Anne Bauvy
Sébastien Bihr
Marie Boe
Antonia Bon
Caroline Burzynski-Delloye
Sandrine Carré
Antoine Cathelot
Sophie Chappot
Marianne Coté
François Coussens
Lucas Darcy
Raphaël Daufresne
Céline David
Jeanne de La Blanchardière
Maëva Dobkiewicz
Lou Dulong
Alix Estique
Célia Etrillard
Marine Evrard
Fabienne Ficamos
Jérémie Garric
Solène Getti
Mateo Gomez
Pierre-François Goulliaud
Bertrand Goyard
Karine Gremion
Eva Guesba-Marandet
Yoona Kim
Émilien Krzewina
Nathalie Lagouge
Marine Le Bescond
Claude Le Breton
Yuna Le Bris du Rest
Félicie Marchal
Lucie Marin
Marion Maurice
Marie-Justine Neyroud
Naelle Normand-Groult
Vincent Nouailhat
Johan Papelard
Martin Paquot
Lucas Perquin
Romaric Quentin
Mina Roncière
Yohan-Adrien Saïdizand
Mina Sanvee Choudjay
Suba Sivanesan
Adeline Tavet

Loïc Tchernatinsky
Frédérique Testemale
Sabine Thomas
Shen Tian
Sophie Untersinger
Maxence Vanpeene
Camille Vidal

Contributeurs externes et spécialistes

Olivier Celnik
Architecte DPLG, enseignant, directeur du mastère spécialisé BIM à l'École nationale des ponts et chaussées, membre du Conseil national de l'Ordre des architectes, spécialiste de l'intelligence artificielle dans l'architecture

Christian Gollier
Directeur de la Toulouse School of Economics, auteur et chercheur spécialisé en économie de l'incertain et en économie du changement climatique

Luc Gwiazdzinski
Géographe, professeur à l'Ensa Toulouse, chercheur et auteur, spécialiste des questions de temps et de chronotopie

Élodie Hochscheid
Architecte diplômée d'État, docteure en architecture, enseignante titulaire à l'Ensa Nancy, chercheuse (laboratoire Crai), spécialiste de l'intelligence artificielle dans le secteur de la construction

Samah Karaki
Chercheuse en neurosciences, autrice et fondatrice de l'association Social Brain Institute

Dave Karpf
Sociologue, chercheur, enseignant à l'École des médias et des affaires publiques à l'université George Washington, spécialiste de l'histoire de la technologie et de la politique américaine

Roland Lehoucq
Astrophysicien au Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) de Paris-Saclay, président du festival international de science-fiction Les Utopiales, auteur et conférencier, expert des liens entre science et fiction

Paul-Emmanuel Loiret
Architecte, cofondateur de l'agence Joly & Loiret et de la coopérative Cycle Terre

Christophe Mangeant
Directeur de programme à la direction générale de l'Armement et auteur

Flora Marchand
Architecte

Bastien Neufeind
Fondateur de Terrio

Arnaud Passalacqua
Professeur en aménagement de l'espace et urbanisme à l'université Paris-Est Créteil, chercheur au Lab'Urba et chercheur associé

au Laboratoire interdisciplinaire des énergies de demain (LIED)

Jenny Raflik-Grenouilleau
Professeure d'histoire contemporaine à l'université de Nantes, chercheuse au CRHIA (Centre de recherches en histoire internationale et atlantique), spécialiste des questions de sécurité et de défense

Stéphanie Sauget
Historienne, professeure en histoire contemporaine à l'université de Tours et directrice du CeTHiS (Centre tourangeau d'histoire et d'étude des sources), spécialiste de l'histoire du ferroviaire et des imaginaires spatiaux en Europe au XIX^e siècle

Marc Seifert
Architecte, président de l'agence A26 Architectures, spécialiste de l'intelligence artificielle

Alexis Vrignon
Maître de conférences en histoire contemporaine à l'université d'Orléans, chercheur au sein du laboratoire Polen, spécialiste des mouvements écologistes et des systèmes énergétiques en France

Découvrez les précédents numéros de POST

