

E&

ÉNERGIE ET MOBILITÉ
UNE PUBLICATION DES PROGRAMMES NATIONAUX DE RECHERCHE 70 ET 71

6

INTERVIEW

« NOTRE FORCE,
CE SONT
DES DESIGNERS
INVENTIFS »



10

SUR TERRE
ALLONS-NOUS
ABANDONNER
NOS PROPRES
VOITURES ?

15

SOUS TERRE
TRANSPORTS
DES PRO-
FONDEURS

18

DANS LES AIRS
LE PROGRÈS
TECHNIQUE PLUS
LENT QUE LA
CROISSANCE

CHÈRE LECTRICE, CHER LECTEUR,

En chacun de nous sommeille non seulement un Homo sapiens, mais aussi un Homo mobilis. Si l'Homme s'est longtemps satisfait de ses jambes et de la marche verticale, ses exigences ont rapidement évolué lorsqu'il s'est agi de préserver et d'étendre son espace vital. Le développement de nouvelles capacités et de nouvelles techniques – la maîtrise du feu, l'écriture, l'imprimerie pour n'en citer que quelques-unes – a notablement influencé l'évolution de l'humanité. Aussi naturelle que cette invention nous paraisse aujourd'hui, la roue a sans aucun doute été l'un des bouleversements qui ont le plus fortement contribué à faire de l'être humain l'espèce dominante et le mammifère le plus répandu sur la Terre.

La mobilité sans frontières a acquis une telle importance à nos yeux que nous sommes disposés à passer des années entières de notre vie en voiture. Et à accepter de dégrader notre environnement afin d'y implanter les infrastructures nécessaires – routes, rails, canaux, pistes d'aviation. Mais la liberté de déplacement représente un acquis auquel peu de nos contemporains sont prêts à renoncer, en dépit des dépenses énergétiques, des émissions polluantes et autres nuisances sonores.

La mobilité ne se résume cependant pas aux trajets en voiture et aux vols touristiques. Les raisons poussant à se déplacer d'un point A à un point B puis au point C sont très diverses et parfois impérieuses : sur le plan mondial, 68 millions de personnes fuient les zones de guerre et la misère ou subissent des déplacements forcés. Séparés de leur famille, les ouvriers chinois parcourent des milliers de kilomètres pour trouver un emploi. Aux États-Unis, nombreux sont ceux qui habitent dans leur voiture afin d'être suffisamment mobiles pour affronter un marché du travail des plus féroces. En Europe et en Suisse, des millions de travailleurs passent chaque jour plusieurs heures à faire la navette entre leur domicile et leur lieu de travail.

La mobilité ne se limite néanmoins pas à notre environnement, elle se joue aussi dans nos têtes, par exemple lorsqu'il faut chaque jour prendre son mal en patience dans les embou-

teillages : en 2017, le trafic a été immobilisé pendant plus de 25 000 heures sur les routes suisses, selon l'Office fédéral des routes (OFROU). Multiplier véhicules et voies de circulation ne mène nulle part. Il est nécessaire d'adopter de nouvelles approches et de nouveaux comportements si nous souhaitons que nos déplacements redeviennent synonymes de fluidité et de détente.

Cela vaut naturellement aussi pour le transport des marchandises qui circulent en quantités colossales d'un bout à l'autre de la planète. Dans ce domaine aussi, il est urgent que de nouvelles solutions émergent et que les comportements changent.

Cette édition d'E& met par conséquent en exergue diverses approches de la recherche énergétique grâce auxquelles une mobilité d'un autre genre pourrait faire bouger les choses. Les voitures « volantes » et les véhicules autonomes qui font depuis si longtemps rêver l'humanité pourraient même devenir réalité dans un proche avenir. En même temps, les smartphones nous mettent littéralement une solution à portée de main pour partager de nombreux trajets et réduire ainsi les dépenses énergétiques, les émissions polluantes et le bétonnage du territoire.

Autant de raisons suffisantes pour mettre en lumière le thème de la mobilité dans toute sa diversité, sans se poser en donneurs de leçon et avec une circonspection scientifique qui ne nie pas pour autant la fascination que les transports ont toujours exercée sur l'être humain. Nous espérons donner ainsi un nouvel essor à votre mobilité.

Claudia R. Binder

Prof. Dr Claudia R. Binder
Responsable du Laboratoire de relations humaines-environnementales dans les systèmes urbains à l'EPFL et déléguée du Conseil national de la recherche pour le PNR 71

IMPRESSUM

Éditeur :
Fonds national suisse de la recherche scientifique FNS
Wildhainweg 3, case postale 8232, CH-3001 Berne
T +41 (0)31 308 22 22
www.fns.ch

Production :
Programmes nationaux de recherche PNR 70 et PNR 71
pnr70@snf.ch / www.pnr70.ch
pnr71@snf.ch / www.pnr71.ch

Rédaction :
Andreas Balthasar, Stefan Husi, Paul Knüsel,
Andrea Leu, Daniel Meierhans, Geneviève Ruiz,
Hans-Rudolf Schalcher, Oliver Wimmer

Conception :
CRK - Kommunikation, Kreation & Kino

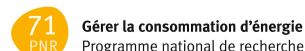
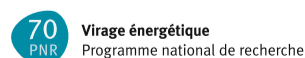
Illustrations :
Walkingframes, www.walkingframes.tv | p. 1
Hochschule Pforzheim | p. 6-9
CRK | p. 4, p. 10-12, p. 14, p. 17, p. 18-20

Impression :
Ilg Druck und Medien, 3752 Wimmis
Impression neutre pour le climat.

Commandes :
Le magazine « Énergie & » peut être commandé gratuitement à l'adresse www.energie-et.ch, site sur lequel il peut également être téléchargé.

« Énergie & » a remporté en 2018 un Red Dot Award dans la catégorie « Communication Design ».

© Novembre 2018, Fonds national suisse, Berne



CONTENU

5

RÉFLEXIONS
LE JEU LIBRE



6

INTERVIEW
« NOTRE FORCE, CE
SONT DES DESIGNERS
INVENTIFS »

10

SUR TERRE
ALLONS-NOUS
ABANDONNER NOS
PROPRES VOITURES ?



15

SOUS TERRE
TRANSPORTS
DES PROFONDEURS

« AMÉNAGEMENT
DU TERRITOIRE EN
SOUS-SOL »

18

DANS LES AIRS
LE PROGRÈS TECHNIQUE
PLUS LENT QUE LA
CROISSANCE



FLOTTER EN SUSPENS
AU-DESSUS DU
TRANSPORT TERRESTRE

« L'OPTIMUM N'EST PAS
RÉALISABLE »

TOUR DE SUISSE



Mobilité signifie bien davantage que se déplacer. Constante humaine, le mouvement est à la base de toute liberté. Afin de mieux l'exploiter, nous devons réapprendre à marcher.

Tout est en mouvement ! Et tout change à une allure folle !

Une plainte qui résonne d'un bout à l'autre des sociétés de consommation occidentales. Le système si familier évolue à une vitesse vertigineuse, si vite qu'on ne reconnaît plus rien.

Cette image se rapproche de la vision offerte par le paysage entraperçu par la fenêtre d'un train roulant à toute allure et dont les contours s'effacent jusqu'à devenir méconnaissables. Les repères et la vue d'ensemble disparaissent. Il n'existe à cela qu'un seul remède : bouger plus, mais comme il se doit.

Rendons-nous dans le dernier wagon. Le passé défile distinctement sous nos yeux. Et tout à l'avant, le conducteur de la locomotive jouit également d'une perspective à peu près claire. Seul le présent échappe à notre observation. Et plus nous nous efforçons d'en appréhender les contours, plus l'image devient floue.

C'est le paradoxe du mouvement. Seul le mouvement permet de comprendre le mouvement. L'immobilité lui confère un caractère menaçant. Assoupiés dans leur prospérité, les sociétés de consommation craignent désormais le changement et regardent avec une angoisse croissante par la fenêtre, plutôt que de se mettre en mouvement. Comme l'a formulé Paul Virilio, il règne une « immobilité fulgurante ».

Nous ne nous déplaçons pas, nous rejoignons le flux de la circulation et nous retrouvons en enfer. D'après les statistiques Inrix 2016, les Zurichois passent plus de 50 heures par an dans les embouteillages. Le Suisse moyen subit 27 heures de bouchons par an. Cette situation est principalement due au fait que le déplacement des voitures, des trains et des bus est toujours cadencé en fonction des règles d'une société industrielle obsolète, parce que le monde du travail ne veut pas s'affranchir des horaires de travail traditionnels. Société de la connaissance par-ci, transition numérique par-là : et pourtant nous continuons de nous rendre matin, midi et soir à l'école, au travail, au jardin d'enfants, en entreprise et dans les services administratifs avant de revenir à notre domicile.

Cette obligation de présence s'avère dommageable pour l'Homme comme pour l'environnement et nuit naturellement aussi au rendement du travail humain. Notre culture du mouvement appartient au passé et nos formes d'organisation sont dépassées. Le temps gagné sur les déplacements professionnels est réinvesti dans la mobilité de loisirs. En route pour l'aéroport ou le shopping.

Les interdictions ne mèneront à rien, au contraire de la digitalisation qui est susceptible de nous ramener à la raison et de permettre l'instauration de systèmes d'accès optimisés prenant en compte tous les moyens de transport. Une logistique rationnelle et des accès confortables ont davantage de force de conviction que la morale ou les préjugés. La mobilité ne peut être stoppée. Elle est l'essence même de la vie.



Le paradoxe du mouvement trouve son origine dans la sédentarisation. Les chasseurs-cueilleurs devaient se déplacer afin d'exploiter les maigres ressources dont ils disposaient. La sédentarisation a amélioré l'approvisionnement, mais aussi éveillé la curiosité et le désir qui peuvent être considérés comme de véritables moteurs dans l'histoire de l'humanité. Qui n'est pas obligé de lutter pour sa survie gagne en liberté intellectuelle, réfléchit, souhaite, espère. Évolution rime avec agilité mentale et aussi avec découverte de la liberté, qui n'existerait pas sans curiosité. S'en sont suivis des itinéraires et des chemins déterminés. Il était désormais possible de quitter son clan. Se déplacer est le moyen qui permet de transcender l'espace pour obtenir ce que l'on souhaite. Rome est devenue un empire pour avoir su bâtir les meilleures voies de communication. Et la liberté de mouvement était à l'époque assimilée à la citoyenneté. Jusqu'au XX^e siècle, le mot allemand « Verkehr » (circulation) n'était pas seulement synonyme d'engorgements et de nuisances sonores, mais faisait également référence aux relations sociales ou, comme le disait Kant, aux liens librement consentis que les individus établissent entre eux. La mobilité relève de la volonté. Le mouvement est relation, également et tout particulièrement dans une société en réseau. Plus la relation est virtuelle, plus le travail est abstrait, plus la nostalgie du réel, du concret grandit. Le sociologue de la technologie Bruno Latour résume ainsi la vérité sur internet : « Même un réseau étendu demeure local en tout point ». Personne ne peut échapper à son enveloppe corporelle, même en passant sa vie en ligne.

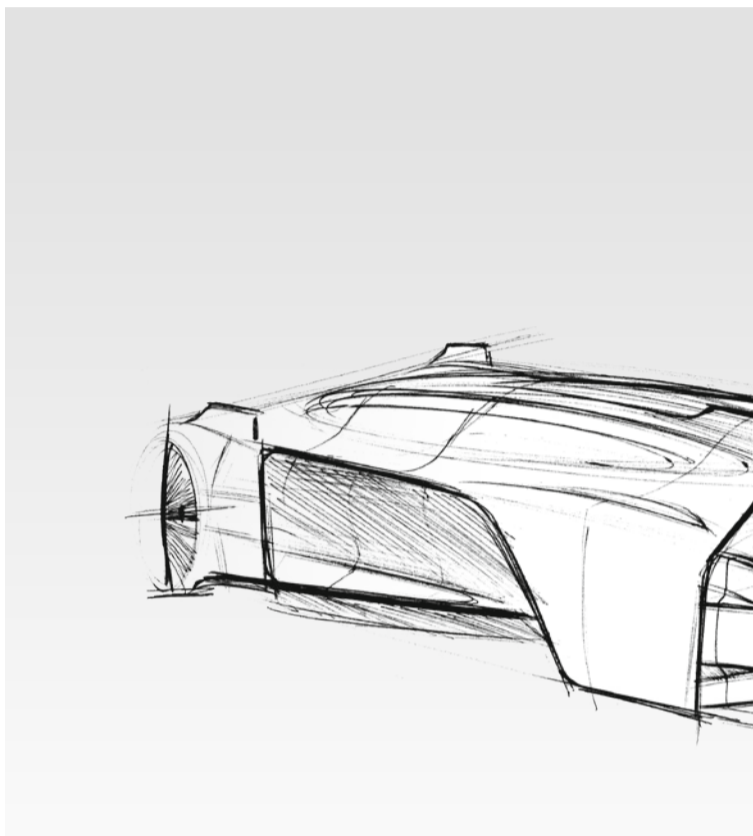
Le monde parallèle de « Second Life », qui rencontrait le succès il y a plus d'une décennie, apparaît aujourd'hui dérisoire. Force est de constater que nous n'avons qu'un seul monde dans lequel il importe de se déplacer, d'apprendre et de vivre ensemble. Se déplacer sans nuire aux autres répond à un impératif de civilisation. Rechercher le meilleur est humain, et lorsque nous abandonnons cette quête, la société perd son objet social.

Lequel s'appuie sur l'autodétermination – la liberté de circulation présuppose liberté et mouvement. Elle constitue le droit le plus fondamental de l'être humain. La libre décision de vivre là où on le souhaite. Ceci vaut tout aussi bien pour les inconditionnels des voyages que pour les réfugiés dits économiques – et toutes les autres formes de déplacement. Les détails – les règles de circulation – doivent être négociés. Le mouvement ne saurait néanmoins s'alimenter d'obstacles et exige un libre accès à la réflexion comme à l'action.

Nous sommes le mouvement. Quittons notre position confortable et mettons-nous en route. Le monde nous apparaîtra sous un jour différent. Il est en mouvement – et nous nous mouvons avec lui.

« NOTRE FORCE, CE SONT DES DESIGNERS INVENTIFS »

INTERVIEW 6



Professeur Kelly, combien de fois par jour pensez-vous aux voitures ?

(Rire) C'est difficile à dire. Certainement une grande partie de la journée ; mais il s'agit avant tout de design et d'esthétique.

Vous dites « design » et « esthétique ». On m'avait averti de ne pas employer le mot « style ». Pourquoi ?

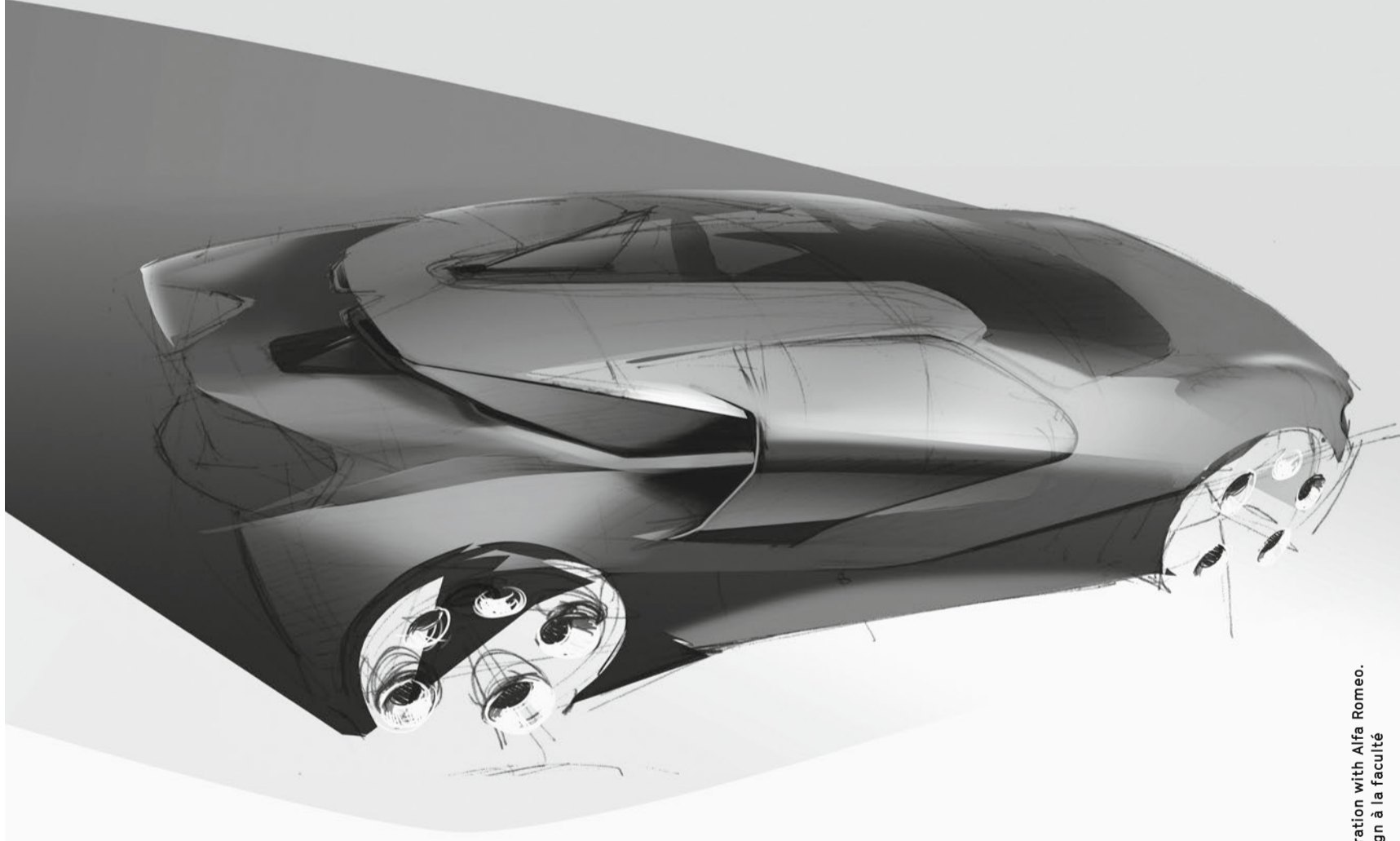
C'était un bon conseil. Le style se rapporte avant tout à la coiffure ou à d'autres activités similaires. Cela n'a rien à voir avec le design.

Quelle approche du design transmettez-vous à vos étudiant-e-s ?

Des étudiant-e-s du monde entier viennent à Pforzheim, car nous défendons ici une philosophie du design quelque peu différente. Il faut savoir que nous travaillons avec presque tous les constructeurs automobiles. Notre force principale ne réside pas dans les concepts que nous développons mais dans les designers eux-mêmes. Nous essayons de donner à nos étudiant-e-s le courage d'oser des choses encore susceptibles à l'heure actuelle d'échapper à la compréhension.

Projetons-nous dans l'avenir. Quels sont les nouveaux développements qui caractériseront le design du futur ?

Dans l'industrie automobile, les innovations répondaient jusqu'à présent à une espèce de rythme qui n'existe plus



Ébauche du projet : SUV meets tradition – project in cooperation with Alfa Romeo.
Andrea Caffieri, étudiant en master de Transportation Design à la faculté
de design de la Haute école de Pforzheim



aujourd'hui. Les voitures électriques et les voitures autonomes offrent ainsi de tout nouveaux horizons. Cela rend notre travail beaucoup plus excitant. Parallèlement, la plupart des gens ignoraient récemment encore que de telles fonctions existaient et qu'ils pouvaient en avoir besoin.

**« La forme suit la fonction »,
telle est la règle d'or du design.
Cet adage se vérifie-t-il aussi
dans l'industrie automobile ?**

Ce principe est naturellement également valable dans ce domaine. Le design doit permettre de nombreuses fonctions. Mais la voiture est un produit riche en émotions. Lorsqu'une personne dépense des sommes conséquentes, le produit se doit d'être très attrayant.

**Mais le design automobile
ne relève-t-il pas en premier
lieu de la physique ?**

La physique joue un rôle certain. Nous envisageons cependant le design plutôt comme un art. Du fait des nombreux nouveaux développements intervenus, nous avons aujourd'hui le privilège de pouvoir nous émanciper du côté technique pour le revisiter de manière créative.

**Comment la conduite
autonome influence-t-elle
par exemple le design ?**

Cela concerne surtout le design intérieur. Personne ne sait vraiment comment concevoir l'intérieur d'un véhicule autonome. Il y a deux ans, l'idée a surgi de retourner les sièges avant. Autant prendre le bus ! Il a aussi été suggéré d'équiper les passagers de lunettes de réalité virtuelle. Imaginez des voitures entières remplies de familles dotées de tels équipements. Nos étudiant-e-s en sont déjà à un tout autre stade : ils veulent expérimenter la réalité et la savourer. Et puis la conduite autonome existe déjà - on appelle ça un taxi. Personne ne songe à s'asseoir à contresens ou à chausser des lunettes virtuelles, les gens lisent ou regardent le paysage.

**Quelle valeur vos designers
accordent-ils à l'écologie
et à l'efficacité énergétique
d'un véhicule ?**

Aucun d'entre eux ne songerait à proposer un moteur V12 avec un double turbo. Les étudiant-e-s d'aujourd'hui s'intéressent aux technologies modernes et intelligentes.

**Les voitures gagnent-elles en
confort afin que les passagers
supportent mieux les bouchons ?**

Dans les spots publicitaires, vous ne voyez presque jamais plusieurs voitures simultanément. Un seul véhicule circule généralement à travers un paysage magnifique ou en ville. Lorsque je faisais mes débuts ici, quelqu'un a réellement dessiné une voiture expressément conçue pour mieux supporter les embouteillages. Mais ce n'est pas la bonne approche : il faut plutôt s'efforcer d'éviter les encombrements à l'aide des systèmes de navigation, d'une gestion intelligente de la circulation et de la conduite autonome.

Quelle importance revêt la vitesse ?

Lorsque j'étais adolescent, j'étais fasciné par la vitesse. Mais du fait des encombrements routiers actuels, elle ne joue plus un rôle prépondérant. Tout le monde veut naturellement se rendre aussi rapidement que possible d'un point A à un point B. Mais vouloir dépasser 300 km/h appartient au domaine du fantastique. À mon avis, il n'est pas nécessaire de rouler au-delà de 150 km/h. Dans une voiture électrique par exemple, le plaisir de conduire provient des accélérations, mais les charges supportées par les matériaux et la consommation d'énergie deviennent trop importantes à des vitesses élevées. Celui qui est à la recherche d'émotions fortes doit se rendre sur un circuit.

L'industrie automobile n'a-t-elle pas une vision uniforme de l'avenir depuis 50 ans ? C'est en tout cas ce qu'on pourrait penser en passant en revue les concept-cars.

À une époque, je me réjouissais de contempler les concepts de design qui étaient présentés aux salons automobiles de Genève ou Francfort. Mais lorsque je les compare à ce que nous faisons ici, je ne trouve pas cela intéressant. Nous bénéficions d'une grande liberté car nous ne sommes pas tenus de vendre notre production à un public. Nous pouvons nous permettre ce luxe. Aucun de nos véhicules ne sera construit exactement comme nous l'avons conçu.

Les véhicules volants trouvent-ils également une place dans votre cursus ?

Nous parlons régulièrement de drones et de voitures volantes, mais les enjeux sont complètement différemment. Que se passe-t-il lorsque non pas deux ou trois, mais des centaines de taxis volants circulent ? Y a-t-il aussi des embouteillages en l'air ? Qu'arrive-t-il par mauvais temps ? Doit-on décoller lorsque la batterie n'est qu'à moitié pleine ? Les voitures volantes constituent une idée plaisante, mais nous préférons rester sur le sol.

Les voitures feront-elles partie de l'environnement urbain du futur ?

J'aimerais qu'à l'avenir les voitures s'adaptent à la ville dans laquelle elles circulent. À cet égard, des véhicules autonomes représentent un grand avantage, donc des voitures qui vous mènent en ville et qui vont ensuite se garer seules à l'extérieur de la ville et qui rendent ainsi les parkings superflus en centre-ville.

Les voitures vont-elles disparaître sous terre ?

L'humanité vit à la surface de la Terre. Même lorsque nous prenons le train, nous nous réjouissons de ressortir d'un tunnel. Parcourir de longues distances sous terre n'est par conséquent pas un scénario envisageable.

N'est-il pas paradoxal que tous les constructeurs envisagent de construire des navettes de grande capacité alors que chacun désire disposer de son propre véhicule ?

La mentalité actuelle ne va en effet pas dans ce sens, mais je pense qu'elle évoluera également. La conception de l'intérieur revêtira dans ce contexte une importance notable. L'intérieur des moyens de transport de grande capacité a toujours constitué un défi pour les designers. D'autres facteurs, par exemple le prix, joueront néanmoins aussi un rôle en matière d'acceptabilité. Divers véhicules et services, qui offriront des vitesses et des degrés de confort variables, seront proposés. Il n'y a pour le moment qu'un seul et unique concept auquel chacun doit s'adapter.



Prof. James Kelly dirige le cours Transportation Design à la Haute école de Pforzheim

Vos étudiant-e-s vous proposent-ils parfois des projets qui vous semblent « fous » ?

Rarement. Il est plutôt nécessaire de stimuler ces jeunes gens pour qu'ils entrevoient des solutions novatrices. Pour en arriver là, il est nécessaire de poser de nombreuses questions : qu'est-ce qui est encore possible ? Qu'est-ce qui fait encore défaut ? Comment le fonctionnement pourrait-il être amélioré ? Ce n'est qu'ainsi qu'émerge une idée qui leur est propre et dont ils peuvent être fiers. C'est la partie la plus gratifiante de mon travail et cela a toujours bien fonctionné jusqu'à présent. Au départ, on ne sait jamais quel sera le résultat final. C'est la raison pour laquelle je me réjouis toujours du prochain semestre et ne regarde jamais en arrière.

ALLONS-NOUS ABANDONNER NOS PROPRES VOITURES ?

SUR TERRE
10

À l'heure actuelle, les statistiques montrent que la Suisse est encore un pays fortement motorisé. Pourtant, dans l'imaginaire collectif, tout comme dans les comportements, des changements commencent à poindre.



La Suisse se situe parmi les meilleurs au monde en matière de recyclage de déchets. Une telle performance ne semble malheureusement pas s'appliquer dans le domaine de l'automobile. Le taux de motorisation de notre pays s'élève au-dessus de la moyenne européenne. Les grosses cylindrées ayant la cote, ce parc de voitures s'avère en outre particulièrement polluant.

Pourtant, si l'on regarde au-delà des statistiques et des apparences, des changements notables se sont produits ces dernières années en relation avec l'automobile privée. « Dans les grandes villes comme Zurich, Bâle ou Berne, plus de la moitié des ménages ne possèdent pas de voiture, observe Patrick Rérat, professeur à l'Institut de géographie et durabilité de l'Université de Lausanne et spécialiste de la mobilité. De façon générale, si le parc de voitures a crû ces dernières années, c'est qu'il s'est calqué sur la croissance de la population. Mais dans les grands centres urbains, on observe clairement une baisse du taux de motorisation depuis quinze ans. »

La championne du monde des trains

À côté de cela, on peut aussi noter que l'utilisation des transports publics a augmenté. Dans ce domaine, la Suisse peut même se targuer d'être championne du monde des kilomètres en train par habitant. « Nous faisons moins bien dans la mobilité douce, c'est-à-dire la marche ou le vélo, précise Patrick Rérat. Mais les progrès récents sont tout à fait remarquables, en particulier dans les villes. Entre 2010 et 2015, les déplacements à vélo à Zurich sont passés de 6 à 12 % ! » Quant aux systèmes de voitures partagées, ils ont connu une croissance régulière depuis une vingtaine d'années. « On peut dire que la Suisse fait partie des pays les plus avancés dans ce domaine, explique Francesco Ciari, chercheur pour le projet « Partager, c'est économiser » du PNR 71. Mobility Carsharing, avec ses 1500 emplacements dispersés dans tout le pays, possède un réseau très étendu. Ailleurs, la mobilité partagée se développe essentiellement dans les villes. »

La coopérative Mobility Carsharing possède actuellement une flotte de 3000 véhicules et un portefeuille de plus de 130 000 clients. Selon l'opérateur, cela permet de faire l'économie de 31 000 voitures privées et de 46 500 places de stationnement. « Nos recherches ont montré que toutes les formes de partage de voiture, que ce soit du co-voiturage ou du libre-service, sont bénéfiques sur le plan énergétique, souligne Friedel Bachmann, chercheur pour le projet « Consommation collaborative : effet de mode ou réelle promesse ? » du PNR 71. Leur potentiel de croissance reste important en Suisse. Pourquoi les gens n'optent-ils pas davantage pour ces systèmes ? Nous avons observé que le facteur économique n'entraîne pas beaucoup en ligne de compte. C'est surtout l'imitation entre pairs, mais également la visibilité de ces services, qui leur permettra de croître. »

De son côté, Francesco Ciari relève que la Suisse est caractérisée par un réseau de transports publics très dense et un niveau économique élevé. « L'un des problèmes est en lien avec la facilité d'achat d'une voiture, notam-

ment grâce au leasing. Et une fois que les ménages possèdent leur propre véhicule, ils ne vont pas s'en séparer si facilement... » Un gros potentiel se situerait notamment dans le remplacement d'une seconde voiture par la mobilité partagée. « Rien qu'avec cela, on pourrait déjà réduire considérablement le parc de voitures, constate Friedel Bachmann. Mais toutes ces évolutions prennent du temps. C'est une question de changement d'habitudes et de générations. »

Une société construite autour de la voiture

Une étude menée par le Swiss Competence Center for Energy Research – Efficient Technologies and Systems for Mobility arrive à la même conclusion. On peut y lire que « même si de nouvelles technologies seront disponibles, les routines et les habitudes de comportement représentent encore un important frein au changement. » Si la voiture privée ne se laisse pas si facilement supplanter par d'autres formes de mobilité, c'est aussi parce qu'elle comporte certains avantages : « La voiture permet beaucoup de flexibilité et d'autonomie, admet Patrick Rérat. Même si elle passe



Projets de recherche :
Consommation collaborative : effet de mode ou réelle promesse ? (PNR 71)
Partager, c'est économiser (PNR 71)
Des incitations fiscales pour réduire la consommation d'énergie (PNR 71)

* Towards an Energy Efficient and Climate Compatible Future Swiss Transportation System. SCCER – Mobility 2017



95 % de son temps sur un parking, elle offre l'assurance de pouvoir se déplacer à tout moment. Ce qu'il faut comprendre, c'est que la voiture représente davantage qu'un véhicule : depuis une centaine d'années, c'est tout un système de société qui s'est construit autour d'elle. Notre environnement construit, notre économie et nos vies ont été modelés en fonction de la voiture. Ce système-voiture est omniprésent et nous apparaît comme naturel. On ne le remarque plus. Pourtant, en ville, certains espaces ont disparu en raison de la voiture. Je pense notamment à la rue comme lieu d'échange, de jeu et de rencontre, qui s'est mué en simple support du trafic. »

Dans le cadre du projet Post-CarWorld (lire encadré), des chercheurs ont interrogé des citoyens sur leur rapport à la voiture. Il en est ressorti qu'une majorité de personnes se montraient conscientes des nuisances de l'automobile en matière de trafic et de pollution notamment, « même les pro-voiture, raconte Monique Ruzicka-Rossier, coordinatrice du projet. Mais ce qui frappe le plus, ce sont les différences entre générations. La voiture ne représente plus un marqueur du statut social pour la plupart des moins de 35 ans, mais un service de mobilité comme un autre. Ils n'y projettent plus les mêmes émotions. Cette génération est capable de se déplacer efficacement en utilisant toute la palette des transports, ainsi que les services de livraison à domicile. Le permis de conduire ne représente d'ailleurs plus un rite de passage à l'âge

adulte, mais une simple formalité. » Chez les 45 et plus, la voiture demeure au contraire centrale : « Beaucoup ne sont pas en mesure de gérer leur quotidien sans elle. Ils ne connaissent pas bien les autres offres de mobilité. »

La qualité de vie avant tout

Plusieurs études ont néanmoins montré que, pour toutes les générations, il était désormais possible de questionner la possession d'une voiture individuelle. « Ce qui importe le plus, c'est de maintenir la qualité de vie, explique Monique Ruzicka-Rossier. Cela signifie avoir tout à disposition rapidement, la nature, les services urbains, les loisirs, ainsi que le travail. Si les gens peuvent obtenir la même qualité de vie sans voiture, ils sont nombreux à se dire prêts à l'abandonner. »

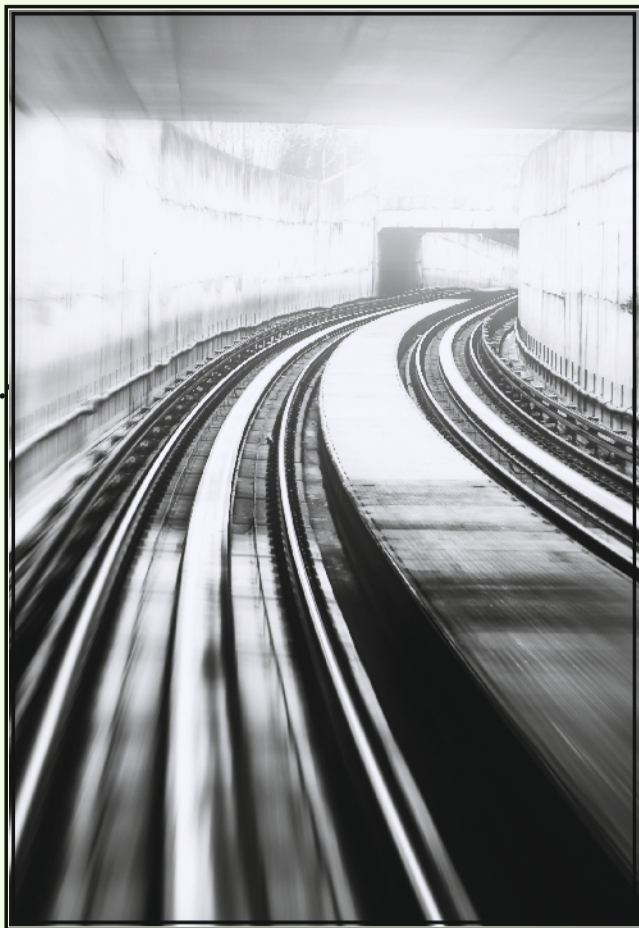
Que faire alors pour obtenir une qualité de vie similaire sans voiture ? « Je ne pense pas que nous aurons un monde sans voiture, précise Patrick Rérat. Mais, afin de diminuer l'emprise de la voiture individuelle, il faut des offres de mobilité combinées performantes, ainsi qu'une politique d'aménagement du territoire intelligente. » Pour cela, une prise de conscience politique devra s'opérer : celle du passage d'une société centrée sur l'objet-voiture à une société de services.

Diminuer l'emprise du véhicule individuel

De façon générale, l'État pourrait jouer un rôle important dans la diminution du parc de voitures, notamment en instau-

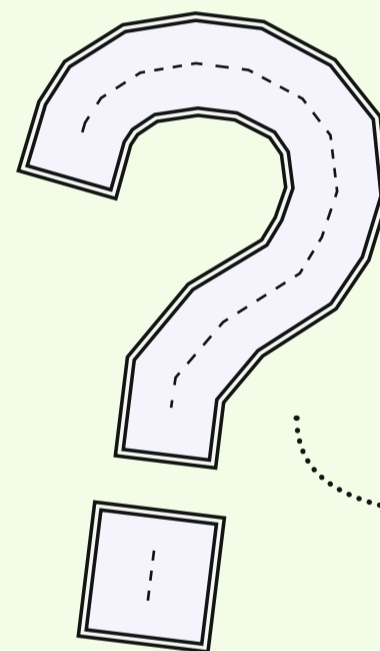
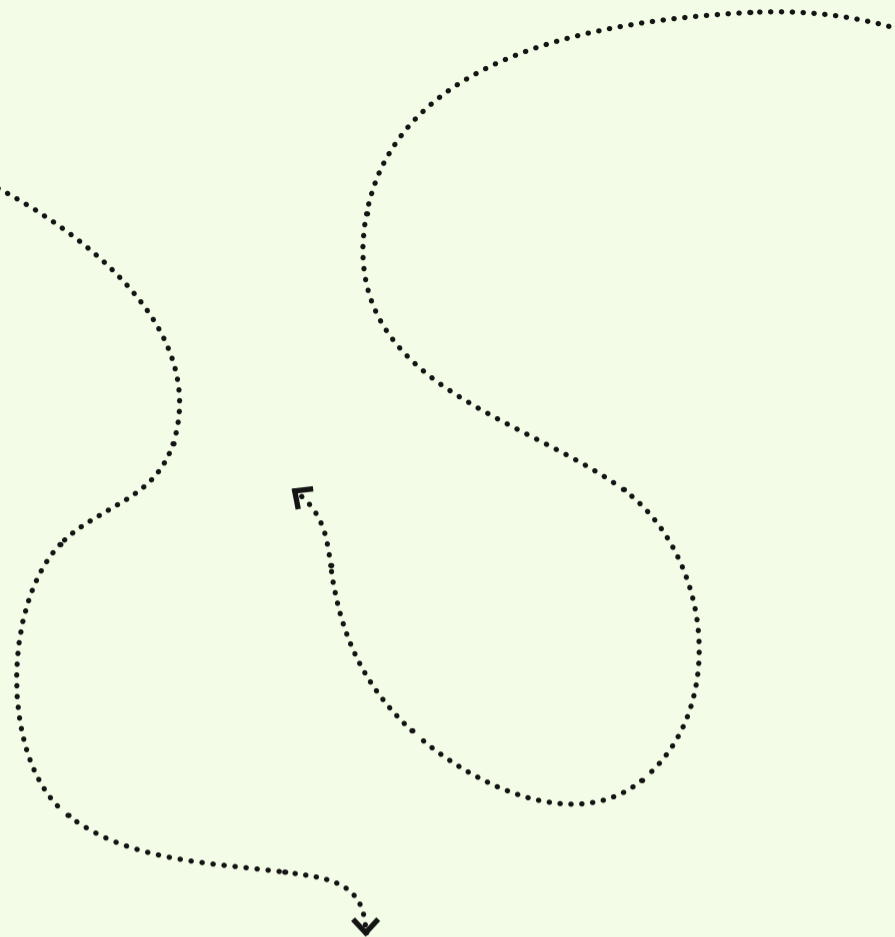
rant une combinaison efficace de taxes incitatives. C'est ce qu'estime Simon Lüchinger, professeur d'économie à l'Université de Lucerne, qui a dirigé le projet « Des incitations fiscales pour réduire la consommation d'énergie » du PNR 71 : « Actuellement, les coûts externes de la mobilité individuelle comme le changement climatique ou la congestion du trafic n'incombe pas aux conducteurs, mais au public. Si le système de taxes leur faisait supporter ces coûts, la propriété individuelle de l'automobile diminuerait certainement. »

Le salut pourrait-il encore venir de la voiture autonome ? Friedel Bachmann considère que cette technologie pourrait donner un essor considérable à la voiture partagée : « Encore faudrait-il savoir quand elle sera disponible et surtout, régler un certain nombre de problèmes juridiques et éthiques. » Pour Patrick Rérat, la voiture autonome pourrait théoriquement permettre de diminuer le nombre d'automobiles en Suisse, « tant qu'elle ne sera pas basée sur la propriété privée des véhicules. Dans ce dernier cas, cela empirerait même les choses, car nous aurions un taux d'occupation des voitures inférieur à un ! Il y a beaucoup d'enjeux là-dedans. On nous vend une sorte de mobilité rêvée, mais il ne faudrait pas occulter les choix de société cruciaux qui se trouvent derrière. »



LE FUTUR DES TRAINS PASSE PAR LA DIGITALISATION ET LA FLEXIBILITÉ

Des projets comme Hyperloop ou Eurotube font régulièrement la une des médias. Mais, pour des raisons de rationalité économique évidentes, les trains du futur seront encore nombreux à rouler sur le réseau ferroviaire existant. Cela ne signifie pas qu'ils ne connaîtront pas d'évolutions technologiques. En 2017, les CFF annonçaient déjà vouloir augmenter la capacité du réseau existant de 30 % grâce à la digitalisation. Ils évoquaient notamment des trains télécommandés, des systèmes d'aiguillage numériques ou encore de gestion anticipée de l'entretien des voies. L'intelligence artificielle aidera de son côté à optimiser les horaires. À plus long terme, des experts imaginent des wagons autonomes circulant de façon flexible et s'arrêtant sur demande. Ils permettraient d'exploiter le réseau plus efficacement que les longs trains basés sur des horaires rigides.



IMAGINER UNE SUISSE SANS VOITURE

« Comment imaginez-vous vos déplacements dans un monde sans voiture ? » Telle est la question qui a été posée par des chercheurs à un millier de citoyens suisses – individus ordinaires ou experts en urbanisme – dans le cadre de PostCarWorld. Dirigé par l'EPFL et financé par le programme Sinergia du Fonds national suisse, ce projet interdisciplinaire a permis de montrer l'évolution de la place de la voiture dans le cœur des Suisses ces dernières années, mais aussi les nombreuses contradictions qui demeurent. Pour les chercheurs, un monde sans automobile apparaît beaucoup plus vraisemblable qu'il y a vingt ans. PostCarWorld a également consacré une partie de ses recherches à la viabilité économique d'une Suisse sans voiture. La réponse se révèle étonnamment positive, mais à une condition : faire basculer une partie du budget consacré à la route vers le développement de nouvelles infrastructures.



Ce qui était au départ une simple prouesse d'ingénieur réveille aujourd'hui l'espoir d'une mobilité durable. Et la conquête du sous-sol devient un des piliers d'un système de transports interconnectés et ménageant le climat.

Le premier tunnel routier de Suisse affiche une longueur de 64 mètres et a été percé au début du XVIII^e siècle dans le massif du Saint-Gothard. Cette prouesse d'ingénierie a permis de rendre plus sûre la traversée des gorges sauvages des Schöllenen. Aujourd'hui, des voies plus confortables encore relient le Nord et le Sud ; certaines sont même entièrement souterraines. Les transports routiers et ferroviaires bénéficient ainsi pour leurs flux de transit d'une infrastructure performante en sous-sol. L'ouvrage le plus récent de l'axe nord-sud, le tunnel du Saint-Gothard long de 57 km, permet aussi d'améliorer le bilan écologique des transports dans cette zone. Selon le calculateur Ecotransit, l'acheminement de marchandises par voie ferrée de Bâle à Chiasso nécessite une dépense énergétique deux fois moins importante que le même transport effectué par camion. En outre, le trafic ferroviaire suisse recourt essentiellement à de l'électricité d'origine hydraulique. Ainsi, en matière de rejet de gaz à effet de serre, le rail prend encore largement l'avantage sur la route, avec un niveau d'émissions dix fois inférieur.

Gain de place en surface

D'autres régions de Suisse se sont elles aussi dotées de tunnels et de conduites souterraines pour améliorer leur interconnexion. Ces extensions du réseau ferroviaire et routier national permettent une nette réduction des distances, étant donné qu'en sous-sol, les entraves naturelles, l'exploitation intensive des sols ou la protection des paysages ne font plus figure d'obstacles. Une étude de l'IVT (Institut pour la planification du trafic et des systèmes de transport) de l'EPF Zurich a ainsi révélé que les temps de trajet entre la plupart des localités suisses avaient sensiblement diminué. Le potentiel d'optimisation semble toutefois désormais assez faible. Martin Bütikofer, directeur du Musée suisse des transports, est même convaincu que « sans passer par la numérisation des flux de transport, l'efficacité des systèmes existants ne pourra guère être augmentée ». Selon lui, seul le sous-sol offrirait encore des capacités suffisantes pour absorber la croissance du trafic.

L'extension du réseau de transport dans les profondeurs de la terre serait-elle la prochaine étape de la grande aventure de la mobilité durable ? Quiconque s'intéresse aujourd'hui à l'aménagement du territoire en Suisse ne peut que répondre par l'affirmative à cette question. En effet, les petites villes et les grandes agglomérations doivent trouver de l'espace sur des surfaces déjà bien occupées. L'avenir des transports se situe donc en sous-sol ; exploiter les profondeurs géologiques s'impose désormais systématiquement comme une évidence.

Systèmes de mobilité sans émissions de CO₂

Mais de quelle manière se déplacera-t-on demain sous terre ? Les concepts technologiques développés à l'heure actuelle sont en premier lieu basés sur des moyens de transport automatisés et ne générant pas d'émissions de CO₂. Le consortium privé « Cargo sous Terrain » entend assurer l'acheminement des marchandises à travers la Suisse à l'aide de véhicules sans conducteur. Parallèlement, l'équipe de recherche de l'EPF « Swissloop » a suscité l'intérêt au niveau international en imaginant un véhicule capable d'assurer le transport des personnes et des biens via un réseau de conduites souterraines sous vide. Reste à savoir si les voyageurs apprécieront de passer presque tout le trajet dans le noir... Sur le plan économique et écologique, il semble toutefois très judicieux d'augmenter la part des transports souterrains dans un contexte où les flux de trafic affichent une constante croissance. À en croire Antonia Cornaro, membre de « Thinking Deep », réseau international d'urbanistes et ingénieurs, la fiabilité des systèmes de transport s'en trouverait accrue, au même titre que les perspectives de développement des grandes agglomérations et ce, sans créer de nuisances paysagères.

Assurer la liaison

Créer des voies de transport supplémentaires en sous-sol ne présente toutefois un intérêt véritable que si celles-ci sont reliées à l'infrastructure en surface. Les conditions et le principe de fonctionnement nécessaires pour qu'un tel système de transport et de logistique puisse être mis en œuvre font justement l'objet d'un projet de recherche intitulé « Logistique de fret urbain efficace sur le plan énergétique ». En effet, pour pouvoir assurer demain l'approvisionnement des villes avec moins de nuisances sur le climat et l'être humain qu'aujourd'hui, il conviendra de relier entre elles, au sein d'un concept cohérent, les solutions de mobilité (actuelles et à venir) qui seront déployées au-dessus et sur la terre ainsi qu'en sous-sol.

Ce qui a été entamé il y a trois décennies avec la construction du tunnel a pris un tour inattendu. Et ce qui se passe depuis cette date sous le massif du Gothard ne cesse de surprendre par la somme des avantages générés. Une galerie nécessaire à la construction du tunnel de base sert à présent de laboratoire pour accumulateurs d'air comprimé souterrains. Le projet de recherche conjoint « Stockage d'électricité par compression adiabatique d'air » entend analyser les moyens d'augmenter le rendement de ce type de procédé.

Paul Knüsel – Journaliste scientifique RP SKWJ

Projets de recherche :
Logistique de fret urbain efficace sur le plan énergétique (PNR 71)
Stockage d'électricité par compression adiabatique d'air (PNR 70)

L'exploitation accrue du sous-sol ne se heurte à aucune résistance fondamentale. Christoph Beer, président de la Commission fédérale de géologie (CFG), alerte cependant sur les risques inhérents à des prises de décision prématurées. Selon lui, à moins d'instaurer une nouvelle réglementation et d'approfondir la connaissance des sites concernés, les conflits pourront difficilement être évités.

La croissance urbaine et l'extension des infrastructures de transport à ciel ouvert atteignent aujourd'hui leurs limites. Faut-il songer à exploiter davantage le sous-sol ?

L'urbanisation en Suisse est telle qu'il nous faut aujourd'hui nous tourner vers l'espace disponible en sous-sol ; cela présente des avantages pour toute la société. Certaines installations essentielles à l'infrastructure de transport peuvent ainsi être protégées des risques naturels, tandis que la population n'a plus à subir de nuisances sonores. En outre, les terres cultivables sont préservées. Il semble donc judicieux de se tourner désormais vers l'espace disponible en sous-sol, à condition que les équipements que l'on prévoit d'y installer ne soient pas dépendants de la lumière du jour et que certaines conditions-cadres soient respectées.

Notamment ?

Il est impossible de donner suite à toutes les demandes d'exploitation du sous-sol. Il faut prioriser. Car les constructions souterraines ont ceci de particulier qu'elles investissent l'espace – pour un usage préalablement défini – pratiquement pour l'éternité. Par ailleurs, les matières premières extraites pour la construction ne seront ensuite plus disponibles sur le site. De la même manière, une nappe aquifère souillée ne pourra guère être régénérée. Et un tunnel une fois creusé ne se supprime pas si facilement.

Comment éviter d'éventuels conflits liés à l'utilisation du sous-sol ?

Ce qui va advenir en sous-sol dans le temps et l'espace doit être planifié avec prudence et circonspection. Il convient ici de peser l'utilité potentielle et l'effort supplémentaire de la mise en pratique. Construire en sous-sol est aujourd'hui beaucoup plus onéreux et dangereux qu'entreprendre des travaux en surface. La plupart du temps, on ne dispose pas de connaissances suffisantes sur les caractéristiques géologiques du site. Il faut néanmoins admettre que le potentiel de développement pour l'installation souterraine d'équipements de transport et de systèmes énergétiques est tout simplement énorme. Le sous-sol abrite en outre des sources de chaleur encore inexploitées et dispose de beaucoup d'espace pour de nouvelles liaisons de transport.

Dans quelle mesure le sous-sol est-il protégé des ambitions d'exploitation qu'il génère ?

Les conflits seront inévitables si l'on commence à investir le sous-sol – encore pratiquement vierge – et les précieuses nappes aquifères sans réglementation nationale préalable régissant ces interventions. Se reproduiront alors les erreurs commises en surface où, par manque de coordination, les réserves d'espace que l'on aurait dû garder pour l'avenir se voient aujourd'hui occupées par des constructions. Beaucoup d'éléments font cependant encore défaut pour réussir une approche coordonnée : il faudrait prioriser les variantes d'utilisation prévues ou améliorer les procédures d'autorisation des cantons. Reste aussi à concevoir une base juridique pour établir la frontière entre propriété privée et propriété publique en sous-sol.

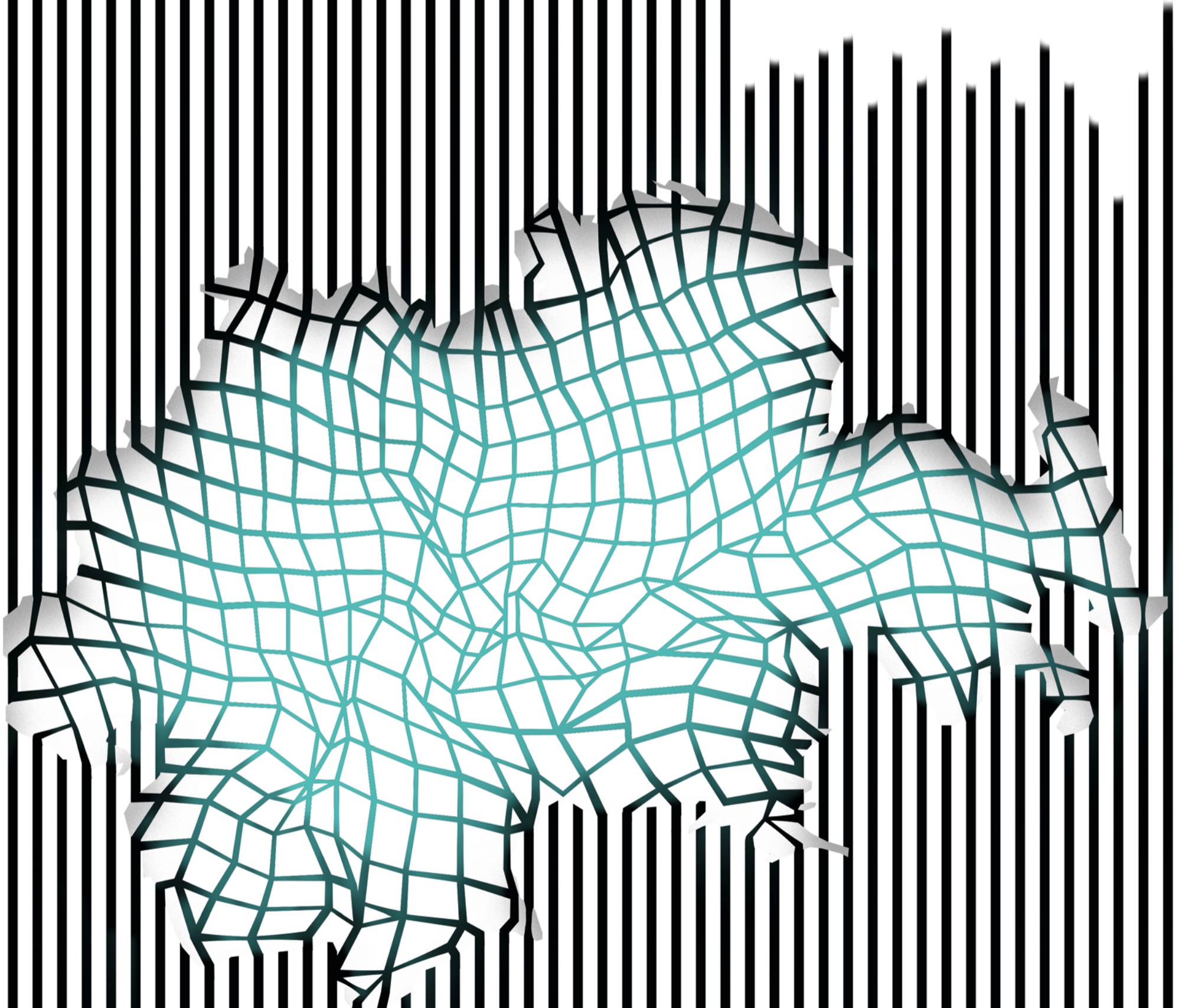
Comment parvenir à une exploitation cohérente, efficace et durable du sous-sol ?

Ce milieu est encore pratiquement inexploré car nous n'avons pas eu à subir dans nos contrées de surexploitation des matières premières. C'est pourquoi aussi notre sous-sol devra faire l'objet d'une vaste étude géologique et hydrogéologique. Sur le plan géologique, cette opération constituera en Suisse un projet s'étendant sur plusieurs générations ; mais cette exploration de la quatrième dimension offrira aussi aux exploitants potentiels une plus grande sécurité d'investissement.

La Suisse rapetisse !

Au cours de ces dernières décennies en Suisse, les temps de trajet sur rail comme sur route se sont sensiblement raccourcis. Cependant, le trafic routier a comparativement davantage profité de l'extension du réseau d'infrastructure, et ce bien que le transport sur voie ferrée des passagers comme des marchandises soit largement plus efficace sur le plan énergétique. Aujourd'hui, il est possible de parcourir la Suisse en voiture en deux fois moins de temps qu'en 1950. Les temps de trajet par les transports publics ne se sont en revanche raccourcis que d'un cinquième au cours de la même période.

(cf. graphique « Road travel time – scaled maps for Switzerland » issu des rapports de travail sur les transports et l'aménagement du territoire, 342, 2006, IVT EPFZ)



Prendre l'avion est devenu un phénomène de masse. Le nombre croissant de passagers a engendré une industrialisation des processus et gommé le romantisme qui caractérisait autrefois ce mode de déplacement. En matière de consommation énergétique également, le progrès technique peine à répondre à l'augmentation des volumes de transport.



Leonardo Manfriani se souvient de ces moments qui ont marqué son enfance dans les années 1960, sur le terrain d'aviation de Turin, lorsque le petit garçon qu'il était alors attendait de sauter au cou de son père à ses retours de voyages d'affaires. Bien des choses ont changé depuis cette époque. Leonardo Manfriani est aujourd'hui professeur en aérodynamique et systèmes aéronautiques à la Haute école zurichoise des sciences appliquées (ZHAW). Et le monde de l'aviation a également connu de profondes mutations. Sur les terrains d'aviation, on n'accueille plus de nos jours que les personnalités d'État ou les champions de sport.

Industrialisation des processus versus liberté illimitée

Le passager lambda sort d'un tube pour entrer dans d'autres tubes : c'est ainsi que Benedikt Meyer décrit de manière imagée le transport aérien de masse des temps modernes. En sa qualité d'historien, il s'est penché sur l'évolution de l'ancienne compagnie aérienne nationale Swissair et de ses passagers. La liberté illimitée parée de romantisme chantée par Reinhard Mey s'est transformée en processus industriel. Cette mutation est particulièrement flagrante quand on observe les émotions auxquelles les compagnies aériennes font appel pour vanter leur offre dans la publicité.

Alors que les jets et leur technologie trônent au premier plan des affiches des années 1960, celles des années 1970 arborent plutôt des paysages exotiques vers lesquels il fait bon s'envoler, nous fait remarquer Benedikt Meyer. L'avion passe ainsi en une décennie du rang d'objet de fascination à celui de moyen de transport. Vingt ans plus tard,

avec l'émergence des vols low cost, la publicité axe tous ses messages sur les tarifs tandis que, de nos jours, les compagnies aériennes nous incitent à réserver des escapades de ville en ville ou nous vantent un certain art de vivre.

Une seule action en faveur de l'environnement

Benedikt Meyer constate que le thème de l'écologie n'a été abordé qu'une seule fois, au début des années 1970, lorsque Swissair, souhaitant contribuer activement à la protection de l'environnement, choisit d'équiper toute sa flotte de nouvelles turbines, qui ne laisseront plus derrière elles de noirs panaches de fumée.

Leonardo Manfriani n'est pas surpris que le thème de la durabilité n'ait guère été au cœur des préoccupations par la suite. Certes la consommation d'énergie des jets est quatre fois moins importante que dans les années 1950 (25 g de kérosène par siège et par kilomètre). Mais dans les années qui ont précédé, le passage des moteurs à piston aux réacteurs avait fait grimper en flèche la consommation des machines dans les mêmes proportions, du fait d'une vitesse de croisière multipliée par deux et de l'augmentation de la résistance à l'air qui en résultait.

Réduction de la vitesse et escales de ravitaillement

La vitesse générant des coûts énergétiques élevés, Leonardo Manfriani considère que le temps est venu de songer à la réduire. Une limitation de la vitesse de 800 à 600 km/h sur les vols court- et

Le nombre de passagers devrait doubler d'ici 2038.

moyen-courriers permettrait déjà une diminution des coûts conséquente. Pour les liaisons long-courriers, la consommation énergétique pourrait être réduite par l'emploi d'avions de plus petite capacité et l'introduction d'escales de ravitaillement. À l'heure actuelle, près de 30 % du kérosène consommé est dépensé à transporter dans les airs le poids du carburant lui-même. Dans le cadre d'un projet de recherche, Leonardo Manfriani a élaboré un autre scénario : le ravitaillement en vol permettrait de réduire la consommation des avions long-courriers de 20 %.

Une vieille idée et peu de potentiel

Sur le plan technique, Leonardo Manfriani prévoit une hausse d'efficacité de quelque 30 % au cours des trente prochaines années. Des turbines hybrides gaz-électricité permettraient de réduire la motorisation de base si un moteur électrique offrait une assistance complémentaire au démarrage.

Les progrès qui seront opérés en matière d'efficacité resteront toutefois inférieurs à l'augmentation attendue du nombre de passagers aériens dans les vingt prochaines années, lequel devrait tout simplement doubler. Selon l'historien Benedikt Meyer, rien ne laisse envisager que cette croissance cesse, à moins d'une intervention extérieure ciblée. Il est intéressant de noter ici que l'idée selon laquelle il faudrait limiter l'utilisation des transports aériens aux seuls usagers qui en ont réellement besoin est pratiquement aussi vieille que l'aviation de masse elle-même. L'ancien directeur de Swissair, Walter Berchtold, avait déjà débattu sur cette question en 1981.

25
g

En moyenne, on estime actuellement
la consommation de kérosène à 25 g
par siège passager et par kilomètre.

Une réduction de la vitesse de 800 à
600 km/h permettrait d'importantes
économies d'énergie.

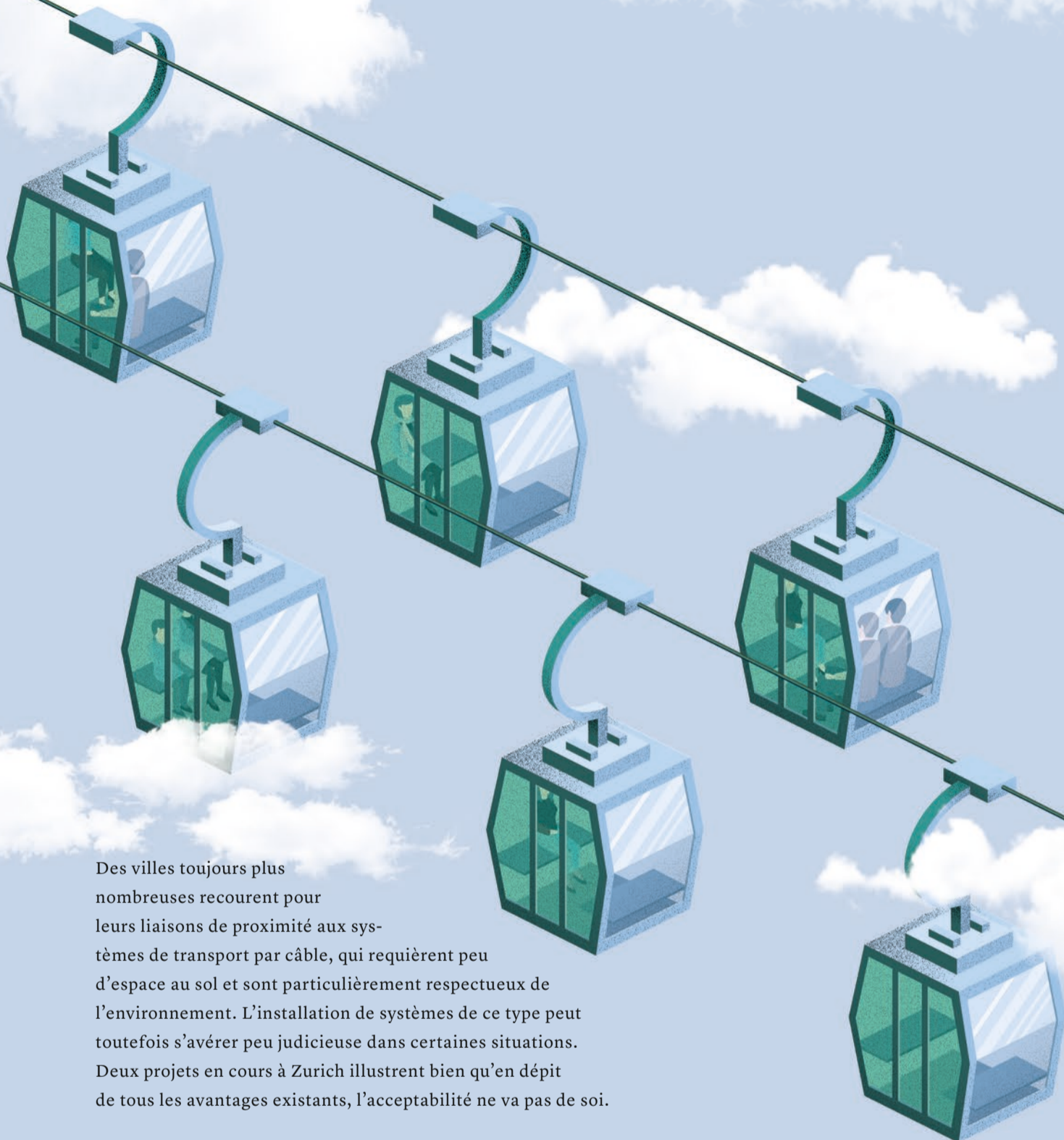
600
km/h

800



FLOTTER EN SUSPENS AU-DESSUS DU TRANSPORT TERRESTRE

DANS LES AIRS
20



Des villes toujours plus nombreuses recourent pour leurs liaisons de proximité aux systèmes de transport par câble, qui requièrent peu d'espace au sol et sont particulièrement respectueux de l'environnement. L'installation de systèmes de ce type peut toutefois s'avérer peu judicieuse dans certaines situations. Deux projets en cours à Zurich illustrent bien qu'en dépit de tous les avantages existants, l'acceptabilité ne va pas de soi.

Les avions ne sont qu'une des multiples possibilités d'utilisation pour nos déplacements de l'espace au-dessus du sol. Les systèmes de transport recourant à des pylônes ou des câbles – et qui nous permettent de prendre de la hauteur et d'en gagner sur le sol – s'avèrent bien plus respectueux de l'environnement que les avions. En effet, dans ces systèmes, aucune énergie ne doit être mise en œuvre pour maintenir le moyen de transport dans les airs.

Ces dernières années, certaines métropoles à grande densité de population comme Medellín, Ankara, Hong-Kong ou Londres se sont dotées de téléphériques similaires à ceux que l'on peut voir dans les stations alpines. Les avantages majeurs de ces moyens de transport initialement dédiés aux sports d'hiver et conçus selon des critères d'efficacité sont les suivants : ils présentent un encombrement réduit au sol (structures d'appui et arrêts), l'investissement financier nécessaire est comparativement faible et, une fois mis en service, les nuisances sur l'environnement sont minimales.

Les études menées par Ulrich Weidmann, chercheur en transports à l'EPF de Zurich, nous révèlent que les téléphériques ne seraient cependant pas la panacée pour les déplacements urbains de proximité. La vitesse de pointe de ces

systèmes ne dépassant pas 50 km/h, cela limite la longueur des tronçons envisageables. En matière de capacité d'accueil également, le téléphérique ne peut atteindre le niveau du tramway, de l'autobus ou du métro. Les atouts du téléphérique sont en revanche bien réels dès lors qu'il s'agit d'assurer la liaison d'un point A à un point B dans des zones où le transport au sol semble peu adapté, du fait par exemple de la présence de nombreux cours d'eau ou d'importants dénivelés.

Toutefois, même lorsque toutes les exigences requises sont remplies, la mise en place de projets de téléphériques en Suisse n'est pas nécessairement chose aisée. Les riverains, peu désireux de voir se balancer des cabines dans les airs au-dessus de leur maison et de leur jardin, freinent souvent la concrétisation des projets (comme ce fut le cas pour le téléphérique du zoo de Zurich). Parfois, c'est le succès attendu qui se transforme en obstacle supplémentaire à la mise en place de ce type de transport. Comme ce fut le cas pour le projet de téléphérique initié par la Banque cantonale de Zurich au-dessus du lac de Zurich. Car lorsqu'il est annoncé que l'affluence du public augmentera de 25 % – dans une zone déjà très fréquentée pour les activités de loisirs – cela ne manque pas de soulever quelques résistances.

En route vers un avenir énergétique propre



 **sgsw**
St.Galler Stadtwerke

- > Pour des transports en grande partie sans CO₂, les techniques de propulsion traditionnelles doivent céder la place à des technologies alternatives. C'est pourquoi nous encourageons dès aujourd'hui le développement des solutions de mobilité basées sur l'électricité et le gaz.
- > Dans ce domaine, il nous tient à cœur de donner l'élan nécessaire pour favoriser les approches innovantes. Aussi, nous sommes très fiers d'être partenaires du projet «Méthane pour les transports et la mobilité» mené par la Haute école technique de Rapperswil dans le cadre du programme national de recherche «Virage énergétique».

La gestion du trafic aérien permet de réduire les nuisances sur l'environnement. Elle se heurte cependant aussi à des limites, comme l'explique Jürg Hänni, responsable Relations opérationnelles et Missions spéciales chez Skyguide, société chargée de la navigation aérienne et de la surveillance de l'espace aérien en Suisse. Des systèmes – mis en œuvre sur des drones – existeront cependant bientôt, qui permettront d'optimiser tous les vols en temps réel.

Monsieur Hänni, estimez-vous qu'une gestion optimisée du trafic aérien permettrait de diminuer les nuisances sur l'environnement ?

En principe, oui. Si chaque avion arrivait à destination comme prévu dans son profil de vol optimal, d'importantes quantités de carburant pourraient être économisées. Dans la pratique, l'optimum n'est cependant pas réalisable – notamment parce que les champs de compétences et les règlements sont encore régis au niveau national. Et cette approche n'a pas permis jusqu'à présent de mettre en place une coordination mondiale optimisée de l'ensemble des vols, du décollage à l'atterrissage. Notons toutefois que même un système unifié et géré de manière centralisée se heurterait rapidement à ses propres limites.

Quelles sont les limites à l'optimisation ?

Le profil optimal d'un vol se définit au cas par cas. Il dépend de nombreux facteurs variables comme le niveau de chargement, le vent, les réserves de carburant disponibles, la vitesse ou la hauteur de vol. En outre, dans l'espace aérien, les différents profils de vol fonctionnent également en interdépendance, en particulier lorsqu'ils se croisent ou effectuent la procédure d'approche. Dès qu'un facteur d'un vol est modifié quelque part, par effet domino, le profil de nombreux autres vols peut s'en trouver affecté. Ainsi, aux heures de forte affluence, presque tous les vols doivent s'écarter de leur trajectoire idéale afin d'optimiser la fluidité du trafic.

Quel rôle peuvent jouer dans ce contexte les nouvelles technologies comme l'intelligence artificielle ?

On peut imaginer pour l'avenir un système central capable de collecter toutes les données indispensables, et qui serait aussi en mesure, grâce à l'intelligence artificielle, de trouver en temps réel la meilleure solution pour tous les vols en cours tout en garantissant en permanence la plus grande capacité possible. Mais cela reste encore du domaine du rêve. En revanche, nous considérons qu'il existe un véritable potentiel de mise en œuvre concrète de ce type de systèmes dans le domaine de la navigation sans pilote. Je pense ici par exemple à des drones, pilotés depuis un point central au sol, et capables de résoudre des conflits d'itinéraires avec d'autres drones en toute autonomie (jusqu'à un certain niveau de complexité). Ils sont dotés pour ce faire de systèmes de collecte de données et de dispositifs de commande absolument indispensables pour une gestion globale et optimisée du trafic.

Cela est-il plus facile du fait que les scénarios de vol pour les drones s'établissent à l'échelon local, sans nécessité d'une coordination internationale ?

Détrompez-vous. De nombreuses régions frontalières, telles que les zones économiques de Bâle et Genève, ont un rayon d'action qui ne se limite pas à un seul pays. Les systèmes de gestion des drones doivent donc être coordonnés au niveau international. On peut à juste titre se demander comment les pouvoirs publics sauront s'adapter à l'extrême dynamisme du secteur des nouvelles technologies en matière de souveraineté nationale.

ZOLLIKOFEN

Le trafic aérien mondial connaît une croissance effrénée. Pour limiter l'impact de ce mode de transport sur le climat, il devient indispensable de recourir à des carburants alternatifs durables.

C'est l'objectif que poursuit Michael Studer, ingénieur en génie chimique de la Haute école spécialisée bernoise (BFH), en collaboration avec le groupe de recherche mené par Jeremy Luterbach de l'EPF Lausanne et l'équipe de son collègue de la BFH Jan Grenz.

Ils développent un procédé pour élaborer un combustible destiné à l'aviation en utilisant de la cellulose, qui est par exemple l'un des composants principaux des résidus de bois.

Dans le cadre d'un procédé biochimique, au cours duquel différents micro-organismes entrent en action simultanément, la cellulose est d'abord scindée en glucose puis convertie en acides organiques. Ces acides servent ensuite de substance de départ pour la fabrication catalytique des aromates qui sont un composant majeur du combustible destiné aux avions. Comme le souligne Michael Studer, comparée à d'autres matières premières utilisées dans la fabrication de biocarburants, la cellulose présente le grand avantage de ne pas entrer en concurrence avec la production alimentaire.

Les scientifiques maîtrisent aujourd'hui parfaitement ces deux étapes. De futurs projets se concentreront sur la combinaison des deux processus et leur passage à l'échelle industrielle.

Projet de recherche :
Projet conjoint « Biocarburants produits par conversion biochimique et catalytique » (PNR 70)

ZURICH

« Ce qui me fascine dans les comportements adoptés vis-à-vis de l'environnement, ce sont les contradictions qui se font jour entre les aspirations individuelles et l'intérêt collectif. » Pour Andreas Diekmann, responsable du groupe de recherche Environnement du Département des sciences humaines et sociales de l'EPF Zurich, la gestion des biens communs et des ressources naturelles constitue le défi majeur de notre époque.

En collaboration avec le groupe dirigé par Ulf Liebe de l'Université de Berne, Andreas Diekmann a notamment mené l'enquête intitulée « Schweizer Umweltsurvey ». Particularité de cette étude : on y interroge régulièrement depuis onze ans les mêmes personnes sur leurs opinions et leurs comportements quotidiens. Pour la toute première fois, il a ainsi été possible d'intégrer dans l'analyse les modifications survenues au fil des ans dans la situation personnelle des individus interrogés.

L'un des enseignements majeurs de cette enquête est le suivant : si une nette majorité d'individus soutient l'idée d'une mobilité durable, ces mêmes personnes se ravissent dès que l'on évoque l'introduction possible de sanctions concrètes incitant la population à des comportements plus respectueux de l'environnement (hausse du prix du stationnement par exemple).

Les offres qui sont par défaut respectueuses de l'environnement semblent être porteuses ici d'une ébauche de solution. En matière d'électricité par exemple, le passage de l'offre standard conventionnelle à une offre d'électricité verte a fait un bond de 1,2 à 88 %.

Projet de recherche :
Mesures douces et consommation d'énergie (PNR 71)

WINTERTHOUR

Le fait de posséder une voiture, un vélo électrique, un abonnement général, mais aussi notre proximité du réseau de transports publics définit la part d'énergie nécessaire à nos déplacements professionnels ou de loisirs. Les moyens de transport dont dispose une personne influencent fortement ses habitudes de mobilité et il s'avère très difficile d'opérer un changement sur de telles habitudes.

C'est justement à ce stade de la réflexion que commence la recherche menée par Corinne Moser, de l'Institut de développement durable de la Haute école zurichoise de sciences appliquées (ZHAW) à Winterthour. « La question qui m'intéresse est de savoir comment motiver les gens à changer leurs habitudes pour adopter des comportements plus durables. Je suis moi-même aussi attachée à ma routine. Il me faut souvent davantage que de l'information pour que je me décide à changer mon style de vie », indique la chercheuse en sciences sociales.

Concrètement, les scientifiques de la ZHAW et de l'ETH Zurich se sont notamment appuyés sur la campagne Bike4Car pour analyser dans quelle mesure le fait d'expérimenter dans la pratique une nouvelle forme de mobilité pouvait avoir une influence sur les habitudes quotidiennes. Dans le cadre de ce projet, des automobilistes ont été invités à déposer les clés de leur véhicule pendant deux semaines et ont en échange essayé un vélo électrique. Un an plus tard, les participants ont déclaré qu'ils se servaient nettement moins de leur voiture – indépendamment du fait qu'ils aient ou non acheté un vélo électrique après cette campagne.

Projet de recherche :
Promouvoir un comportement efficace sur le plan énergétique dans les villes (PNR 71)

Offres écologiques standard, carburant pour l'aviation issu de résidus de bois, et expériences incitant à modifier son comportement : telles sont les approches innovantes imaginées par les spécialistes en sciences sociales et sciences naturelles en vue de favoriser une mobilité plus respectueuse de l'environnement.



Les programmes nationaux de recherche « Virage énergétique » (PNR 70) et « Gestion de la consommation d'énergie » (PNR 71) du Fonds national suisse étudient les aspects scientifiques, technologiques et socio-économiques qui assureront une transition énergétique réussie.

D'ici fin 2018, plus de 300 chercheuses et chercheurs engagés dans une centaine de projets de recherche auront dégagé des connaissances afin de réduire substantiellement la consommation d'énergie, de développer de nouvelles techno-

logies et d'établir les conditions-cadres sociétales qui permettront leur traduction dans la pratique au cours des dix à trente années à venir.

En raison de nombreuses synergies, les PNR 70 et 71 se déroulent parallèlement et travaillent main dans la main. Des informations complémentaires sur les différents projets de recherche et les programmes nationaux de recherche sont disponibles aux adresses www.pnr70.ch et www.pnr71.ch.