

Génération *earthbroken* ✪

u XXI^e siècle, les jeunes ingénieurs ne sont pas seulement *heartbroken* (cœur brisé), ils sont aussi *earthbroken* (terre brisée). Pourront-ils réparer le monde ?

Début 2019, la revue *Critique* signait un numéro intitulé « Vivre dans un monde abîmé », dirigé par Marielle Macé, directrice de recherche au CNRS. Mais qu'est-ce qu'un « monde abîmé » ? Un monde où 60 % des animaux sauvages ont disparu en 40 ans ; où 90 % des terres seront impactées par les activités humaines en 2050 si rien ne change ; où entre 10 000 et 100 000 espèces disparaissent chaque année ; où une ville de l'Arctique s'est déjà réchauffée de 4 °C ; où l'on comptera bientôt 143 millions de migrants climatiques ; où, dans certaines régions comme en Chine, les humains sont contraints de polliniser à la main car les insectes pollinisateurs ont tous disparu. Bref, ce « monde abîmé », c'est le nôtre.

Et que fait-on quand quelque chose est abîmé ? On le répare, pour mieux inventer *in fine* de nouvelles pratiques, de nouvelles alliances fondées non pas sur la survie, mais sur la vie elle-même et ses fragilités. En somme, plutôt qu'*aménager* ce « monde abîmé », nous pourrions préférer le *ménager*.



Face à ces enjeux, les ingénieurs ont un rôle majeur à jouer. Après deux siècles de progrès technique, de croissance économique, de construction d'infrastructures et de politiques d'aménagement du territoire, les voilà sommés, plus que jamais, de mettre en œuvre une véritable éthique du vivant, d'apprendre à saisir autrement le monde pour en repenser en profondeur les conditions d'habitabilité.

Comment réinventer dès lors le métier d'ingénieur ? Avec quelles disciplines nouer de nouvelles relations pour répondre à l'impératif climatique ? Comment tirer profit des aspirations d'une jeune génération d'ingénieurs, sensible aux problématiques socio-écologiques, pour transformer nos organisations et nos modes de vie ?

Après un tour de France des six écoles INSA, qui a ouvert le dialogue entre actuels et futurs ingénieurs, ce cahier se veut autant une synthèse des échanges qu'une invitation à aller toujours plus loin dans l'approche critique et constructive autour de ce métier plus que jamais d'avenir.

Édito signé par

Thierry Covel, directeur du développement RH, de l'inclusion et de la diversité de VINCI,
Christian Nibourel, président de la Fondation INSA,
Rodolphe Le Blevenec, président de l'association des élèves des INSA,
 et **Océane Lannoy**, ingénieure matériaux INSA spécialisée en écoconception, analyse de cycle de vie et produits biosourcés

Sommaire



BILLET D'HUMEUR

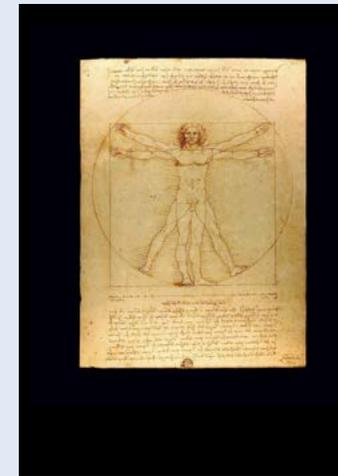
p. 6

*La jeunesse e****e les multinationales*

TEST

p. 8

Quel ingénieur serez-vous demain ?



L'HISTOIRE EN BREF

p. 10

L'ingénieur à travers les âges

ET DEMAIN ?

p. 14

Conscient, responsable et pluriel : trois tendances pour l'ingénieur



QUIZ

p. 16

Qui a inventé ça ?



BON À SAVOIR

p. 18

Les « tips » des ingénieurs aux futurs ingénieurs

ÇA SE DISCUTE

p. 22

Les controverses



ALLER PLUS LOIN

p. 24

À voir et à lire

La jeunesse et les multinationales



Mettons les pieds dans le plat : dire qu'au XXI^e siècle les étudiants d'écoles d'ingénieurs sont réticents face au monde de l'entreprise est de l'ordre de l'euphémisme. « *La jeunesse emmerde les multinationales* », scanderait sûrement le groupe de punk français des années 1980, le groupe Bérurier Noir, s'il remontait sur scène aujourd'hui. Dans leur film documentaire *Ingénieur pour demain*, les étudiants de l'INSA Lyon sont presque aussi cash : « *D'un point de vue humain, je me vois mal dans un grand groupe* », dit l'une d'entre eux. « *Je n'ai pas envie d'avoir des problèmes de conscience entre ce que je pense vraiment et le métier que je fais* », avance un autre. « *À part bosser dans une multinationale et d'énormes boîtes dans lesquelles tu es une machine et où on s'en fout des gens, je ne vois pas ce qu'on peut faire* », renchérit un troisième. D'où qu'elle vienne, cette vision caricaturale et manichéenne selon laquelle l'entreprise, à partir d'une certaine taille, est coupable de tous les péchés coupe les jambes à toute une génération de futurs ingénieurs. Avant même d'y avoir mis les pieds, les étudiants rejettent les multinationales et idéalisent en retour l'univers des associations, start-up et ONG sans les avoir davantage fréquentées.

Cette défiance ne sort pas de nulle part : « *Il y a trois siècles, le monde marchait à 100 % en ENR (énergies renouvelables)* », rappelle l'ingénieur français et expert des thèmes de l'énergie et du climat Jean-Marc Jancovici. Mais, depuis la révolution industrielle, les énergies fossiles n'ont cessé de les remplacer, et aujourd'hui la marche arrière est coincée. « *Revenir de notre monde à l'énergie fossile à un monde 100 % ENR, ce serait accepter un pouvoir d'achat divisé entre 5 et 40* », précise-t-il. Inenvisageable dans un monde où les entreprises évoluent dans un modèle économique fondé sur la croissance. Pourtant, les jeunes ingénieurs se sentent responsables du changement à venir. Porteurs du savoir technique et maîtres des machines, ils sont la main qui a contribué à tout faire basculer, et celle qui pourrait – qui sait – tout réparer.

Pour libérer les étudiants de cette tension, il fallait délier les langues. Tel était l'objectif du tour de France des écoles INSA, imaginé par la Fondation INSA et VINCI, acteur mondial majeur de la transformation des villes et des territoires. À six reprises, les étudiants ont ainsi pu exprimer leurs questionnements, formuler leurs craintes et leurs aspirations. En retour, une dizaine d'experts issus de structures variées – grands groupes, start-up, associations, etc. – ont présenté leur manière de faire la différence dans un monde en crise, au travers de leur entreprise. Autour d'une question grand angle – « *Les ingénieurs peuvent-ils réparer le monde ?* » – chacun a pu défendre sa manière de relever les grands défis du XXI^e siècle. L'occasion de faire tomber quelques clichés, et de rappeler que derrière l'horizon que les étudiants croyaient bouché se cache en fait une large étendue de possibilités. Et qu'à l'école comme en entreprise, ils ne sont pas là pour subir, mais pour agir, et co-construire leur avenir.

Quel ingénieur serez-vous demain ?

Plutôt rationnel, révolté ou progressiste ? Pour le savoir, choisissez une ou plusieurs définitions pour chacun de ces dix termes.

- A** **Pour vous, une machine, c'est :**
 Une prouesse technique qui transforme de l'énergie, pour le meilleur comme pour le pire
- B** Un objet inutile au service de la société de consommation
- C** Une incarnation concrète du progrès humain

- A** **Pour vous, le prix d'un objet doit être :**
 Un chiffre qui représente la valeur d'un objet dans un contexte donné
- B** Une somme qui correspond à l'énergie et aux ressources qui ont été mobilisées pour le produire
- C** Un montant déterminé en fonction de l'offre et de la demande

- A** **Pour vous, la décroissance, c'est :**
 Un concept stéréotypé mais néanmoins pertinent
- B** Notre seule option pour réparer le monde
- C** Un parti pris incompatible avec le XXI^e siècle

- A** **Pour vous, les sciences humaines, ce sont :**
 Une brique importante pour compléter l'édifice de l'ingénieur
- B** La seule chose qui importe vraiment, au fond
- C** Des sciences qui n'en sont pas vraiment

- A** **Pour vous, une entreprise, c'est :**
 Des individus qui rassemblent leurs forces vers un but commun
- B** Une simple machine à faire du fric
- C** Une bonne manière de mettre en marche le progrès

- A** **Pour vous, réparer le monde, c'est :**
 Un grand défi qui se relèvera de manière collective
- B** Tout remettre à zéro et recommencer
- C** Une lutte vaine et naïve. On ne fait pas d'omelette sans casser quelques œufs.

- A** **Pour vous, l'écoconception, c'est :**
 Difficile à évaluer car toute activité consomme des ressources
- B** Un concept marketing inventé par les capitalistes pour continuer à surproduire
- C** La solution idéale pour maintenir nos niveaux de vie sans détruire l'environnement

- A** **Pour vous, l'empreinte carbone d'une activité, c'est :**
 Une donnée importante mais abstraite, obtenue par un calcul souvent opaque
- B** La seule valeur sur laquelle devrait être calculé le prix d'un service ou d'un produit
- C** Une boussole parmi d'autres pour s'orienter dans un monde contraint

- A** **Pour vous, la déontologie, c'est :**
 Un ensemble de règles que doivent définir et appliquer les nouvelles générations d'ingénieurs
- B** Des valeurs sociales et environnementales qui ont manqué aux ingénieurs d'hier
- C** Un principe qui s'applique aux décideurs, pas aux ingénieurs

- A** **Pour vous, la responsabilité environnementale, c'est :**
 Un défi qui ne doit pas éclipser celui de la cohésion sociale et sociétale
- B** Un objectif inatteignable si l'on ne change pas profondément de modèle économique
- C** Un des enjeux du monde actuel, qui ne doit pas éclipser les autres

Vous avez le plus de :

A. L'INGÉNIEUR RATIONNEL

Ni tout noir, ni tout blanc : pour vous, le progrès technique n'est pas la solution à tout, mais pas la cause de tous nos maux pour autant. Vous savez que vous évoluez dans un monde contraint, dont il faut tirer le meilleur des règles en place. Pour vous, une bonne solution est une solution adoptée par le plus grand nombre. Et puis, vous avez compris qu'il faut de tout pour réparer le monde. Pour y arriver, vous êtes prêt à former une véritable Arche de Noé basée sur la coopération de tous les corps de métier, même si cela implique de laisser d'autres faire tanguer vos certitudes.

Dans ce contexte, n'oubliez pas : vos compétences en conduite du changement valent au moins autant que votre savoir technique.

B. L'INGÉNIEUR RÉVOLTÉ

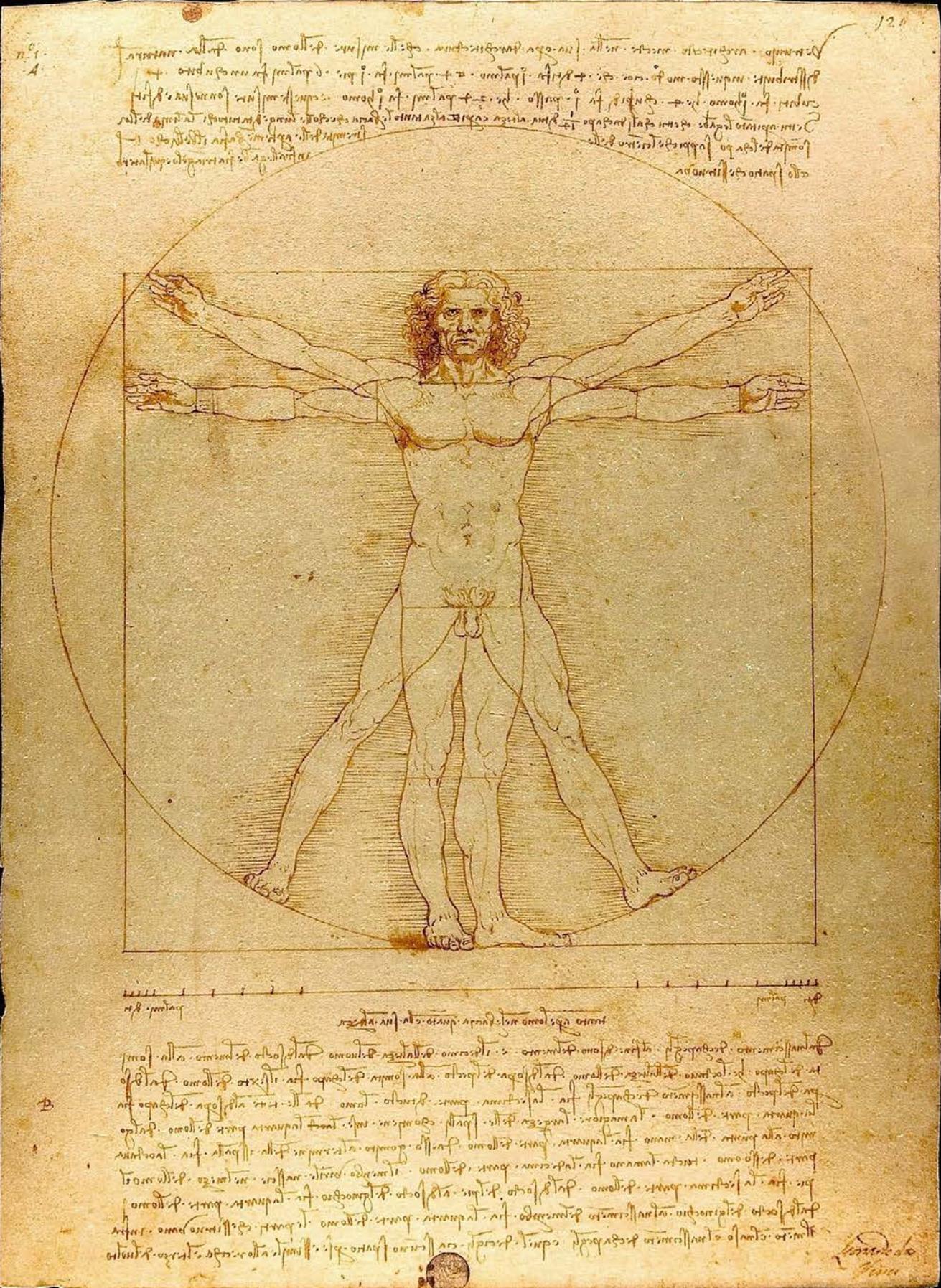
Lassé par l'actualité, vous avez fini par vous résigner : le monde est décidément trop abîmé pour être réparé. Vous en êtes sûr, il faut tout envoyer valser pour mieux tout réinventer : les machines, le progrès, et même le système tout entier. Puisqu'aucune solution existante ne vous correspond, à vous de concevoir la vôtre. Comme le disait l'anthropologue américaine Margaret Mead, « *ne doutez jamais du fait qu'un petit nombre de gens réfléchis et engagés peuvent changer le monde. En vérité, c'est la seule chose que l'on n'a jamais faite* ».

Mais attention à ne pas oublier pour autant que, parfois, « mieux vaut *fait* que *parfait* ».

C. L'INGÉNIEUR PROGRESSISTE

Pour vous, chacun son rôle, et chaque chose en son temps. L'ingénieur doit faire ce qu'il sait faire de mieux : maîtriser la technique pour élever nos conditions de vie. Quant à la société et à l'environnement, c'est à ceux qui nous gouvernent d'encourager les initiatives les plus vertueuses.

Vous êtes convaincu que le progrès va apporter des réponses et misez sur le béton bas carbone et les machines électriques pour nous sauver de la catastrophe. Gardez tout de même en tête l'adage populaire : « *Tout seul on va plus vite mais ensemble on va plus loin*. » Ce n'est qu'en synchronisant les efforts de tous que nous créerons collectivement de meilleures conditions pour le vivre-ensemble.



L'ingénieur à travers les âges

Maître des engins, l'ingénieur, au fil des siècles, a sans cesse cherché à mettre sa maîtrise de la nature et des techniques au service du vivre-ensemble. Sans avoir pour autant voix au chapitre, du moins jusqu'à des temps récents...



➔ Depuis l'Antiquité Les ingénieurs-architectes mettent le monde en ordre (de bataille)

Les contours du métier d'ingénieur n'ont pas toujours été ce qu'ils sont aujourd'hui. Dans l'Antiquité, l'ancêtre de l'ingénieur est constructeur, mécanicien, inventeur mais aussi architecte. Sa mission : façonner les territoires pour permettre aux hommes de mieux les occuper. Parmi les grands noms d'ingénieurs retenus par l'histoire, tous ont inventé une nouvelle manière de tirer parti de la nature et de l'organiser. Le savant Imhotep, reconnu comme le premier architecte-ingénieur, utilise son savoir technique et mathématique pour inventer les pierres taillées – en lieu et place des briques séchées –, le transport de blocs de pierre par bateau et les pyramides en escalier. Archimède, père de la mécanique statique, apporte quant à lui les premières machines de traction – poulies, leviers –, la catapulte ou encore la roue dentée. C'est aussi à cette époque que les ingénieurs mettent en branle la construction des premiers bâtiments et des premiers navires. À la Renaissance, on retiendra Léonard de Vinci et ses prototypes de véhicules en tout genre, Francesco di Giorgio et ses moulins à eau et à vent, Denis Papin et sa machine à vapeur ; au Baroque Vauban, ses fortifications et ses voies d'eau. Le métier s'enrichit progressivement grâce à l'apport des mathématiques, de la perspective, des principes physiques : la statique, la flottabilité, les interactions, etc.

À son époque déjà, Platon qualifie ces ingénieurs d'« hommes spéciaux », c'est-à-dire des spécialistes, et dénonce leurs ardeurs à vouloir interférer dans les règles du vivre-ensemble. Déjà, relate-t-il, les ingénieurs ne souhaitent plus seulement agir sur les « choses » mais aussi sur les « hommes ». Il y a, rappelle la philosophe Hélène Vérin, une « *séparation entre ceux qui ont le droit de légiférer parce que leurs activités dans la cité relèvent de la praxis : de l'action des hommes entre eux, (...) et ceux qui ne le peuvent pas parce que leurs activités relèvent de la poïesis, de l'action créatrice qui s'exerce sur les choses (...). Où placer les ingénieurs ?* » À l'époque, Platon avait tran-

ché : les ingénieurs doivent rester « *à leur place* », c'est-à-dire se limiter à leur expertise technique.

À la fin de l'Antiquité puis au Moyen Âge, la guerre spécialise le rôle de l'ingénieur pour en faire le maître des engins. Les ingénieurs sont des techniciens de la guerre, spécialistes en artillerie et fortifications, et leur rôle crucial en innovation militaire est confirmé lors de la guerre de Cent Ans (1337-1453) et des guerres d'Italie (1494-1559). Fait des temps : Léonard de Vinci propose alors ses services au duc de la ville de Milan en listant les avantages que procurerait dans un contexte de guerre l'ensemble de ses inventions.

La modernité et l'industrialisation L'ingénieur roi cherche sa voix

Si de nombreux ingénieurs ont donc déjà existé avant l'époque moderne, c'est véritablement à partir du XVIII^e siècle que s'organise la profession. Rendue stratégique en temps de guerre, la connaissance des ingénieurs apparaît de plus en plus comme une discipline intellectuelle qu'il faut partager en l'enseignant. Les premières écoles ouvrent leurs portes, dont l'École centrale des travaux publics, qui deviendra l'École polytechnique, qui place l'ingénieur au centre de l'organisation industrielle.

Au XIX^e siècle, la France entre dans une phase de croissance industrielle forte, qui exige des ingénieurs une rentabilité importante. À cette époque, Saint-Simon appelle à remplacer « le gouvernement des hommes » par « l'administration des choses », une manière de dire que l'industrie – et donc l'ingénierie – est la voie vers le progrès et le bonheur de la société. Progressivement, les ingénieurs ne se mettent plus seulement au service de l'État, mais assistent l'industrie privée en apportant des solutions savantes à des problématiques concrètes. Au début du XX^e, lors de la seconde vague d'industrialisation, ils encouragent l'organisation scientifique du travail définie par Frederick Winslow Taylor. Marqué par l'influence de l'Union sociale des ingénieurs catholiques de l'époque, le

« *Ni tout-puissant ni pion
parmi tant d'autres, l'ingénieur
devient un maillon qui,
en tandem avec d'autres, peut
contribuer à réparer le monde.* »

métier cherche sa vocation sociétale. Des associations d'anciens élèves se constituent alors pour débattre du rôle social de leur fonction. Certains contribuent à des sociétés philanthropiques, d'autres se forment aux sciences humaines et sociales.

Époque contemporaine L'ingénieur descend de son piédestal pour mieux guider le monde

Au XX^e siècle, trois figures de l'ingénieur se succèdent, d'après le spécialiste Étienne Dejonghe. Avant 1914, savoir rime alors avec pouvoir, faisant des ingénieurs les « grands vassaux » de l'époque. Puis vient le temps des ingénieurs « officiers », qui commandent et organisent les relations hiérarchiques de pouvoir, un temps qui dure jusqu'aux années 1950. À partir de cette époque, les types d'ingénieurs se multiplient, et leur rôle devient moins central dans l'entreprise, faisant d'eux des « cadres » parmi tant d'autres. Le travail de l'ingénieur se formalise en même temps qu'il se banalise : réunions, procédures et

formalités de gestion se multiplient, l'éloignant de la technique pour le rapprocher du management.

Héros devenu banal, l'ingénieur devient parfois même bouc émissaire alors que le XXI^e siècle commence. L'innovation technique n'est plus systématiquement synonyme de progrès, le capitalisme industriel montre ses limites, et le changement climatique pousse la technologie à reconsidérer sa place dans la société.

Mais, petit à petit, la prise de conscience de la finitude du monde élargit le rôle de l'ingénieur et lui redonne une place centrale tant les problématiques liées au développement durable sont nombreuses. Ni tout-puissant ni pion parmi tant d'autres, l'ingénieur devient un maillon qui, en tandem avec d'autres, peut contribuer à réparer le monde. Urbanisation durable, stockage de l'énergie, nouvelles mobilités, vieillissement de la population, gestion des déchets, etc. : l'ingénieur devient progressivement un interlocuteur indispensable dans les enjeux liés au vivre-ensemble. Dans les écoles d'ingénieurs, les associations d'étudiants engagés pour le climat, les partenariats avec des think tanks écologistes et les prises de position sociétales se multiplient. Plus de 5 000 ans après en avoir exprimé le souhait, l'ingénieur renoue enfin avec ses aspirations de l'Antiquité : avoir un rôle au sein de la cité. •

Conscient, responsable et pluriel: trois tendances pour l'ingénieur

Dans l'imaginaire collectif, l'ingénieur est moteur de l'innovation. Porteur du savoir technique, il tire le meilleur parti de nos ressources, décuple notre énergie et pousse le monde en avant. En optimisant les flux de personnes, en dressant des infrastructures, en perfectionnant l'industrie, l'armée ou encore la science, il contribue à améliorer notre quotidien. Mais, nous le savons, les rouages de l'innovation ont leurs limites. La surproduction a placé notre environnement en état de surchauffe, a fragilisé ses habitants et exacerbé les inégalités sociales. Au XXI^e siècle, l'ingénieur humaniste ne manie plus seulement des machines, il coordonne aussi des humains. Son rôle : dessiner les plans d'un futur vivable pour tous, la planète y compris.

17 % en 2010 et 20 % en 2020 parmi les ingénieurs en poste. Au-delà du souci d'universalité dans le design des innovations techniques, le besoin de femmes est loin d'être anecdotique. Aujourd'hui, 90 % des experts des services à la personne sont des femmes. Spécialistes des métiers du « care » – c'est-à-dire du soin au sens large, et du bien-être d'autrui –, les femmes peuvent apporter au corps des ingénieurs l'altruisme et le souci du vivre-ensemble dont il a plus que jamais besoin.

Plus largement, c'est en dehors du champ purement technique que les ingénieurs doivent recruter des alliés. Signe des temps, l'armée française s'est depuis peu dotée d'une Red Team composée de 10 écrivains de science-fiction pour anticiper l'avenir et mieux s'y préparer. Dans un pays cartésien où sciences et lettres ont longtemps été renvoyées dos à dos, de nouvelles collaborations vont voir le jour pour concevoir un futur qui soit non plus seulement réaliste mais désirable. Pour résoudre la pollution liée aux mobilités, l'ingénieur devra chercher non à améliorer les voitures mais à rendre

COMPRENDRE L'ingénieur, pluriel et ouvert sur le monde

Comment penser seul un futur viable pour tous ? L'ingénieur sait plus que jamais qu'il doit s'entourer de profils variés pour viser juste. Et en premier lieu de femmes : en 2019, le journal anglais *The Guardian* rapportait que les femmes étaient 47 % plus susceptibles que les hommes d'être sérieusement blessées en cas d'accident de voiture. En cause, les dispositifs de sécurité des véhicules, conçus majoritairement par des hommes et longtemps testés au moyen de mannequins aux mensurations masculines. Un exemple, pris parmi tant d'autres, qui rappelle que les portes du métier d'ingénieur doivent s'ouvrir en grand pour accueillir des profils les plus variés possible. Le changement avance lentement mais sûrement : 3,5 % en 1963, les femmes étaient 10 % en 1970,

désirables ses alternatives. Pour aborder sereinement l'avenir, il devra renouer le dialogue avec une société de plus en plus critique face aux nouvelles technologies – dont la 5G est l'exemple le plus emblématique du moment. Pour résumer, si le monde moderne avait foi dans un avenir toujours meilleur, le monde post-moderne, lui, ne sait pas de quoi l'avenir sera fait.

MESURER L'ingénieur, boussole dans un monde complexe

Cela dure depuis des années, mais la crise mondiale de 2020 aura fait déborder le vase : le monde a besoin d'une nouvelle boussole pour savoir dans quelle direction avancer. « *Le PIB n'est pas une bonne mesure* », clame le Prix Nobel d'économie Joseph Stiglitz. « *[Il] ne prend pas en compte les inégalités, le manque de résilience, le manque de durabilité* », ajoute-t-il, suggérant de remplacer PIB – produit intérieur brut – par GES – gaz à effet de serre. De fait, le PIB ayant été créé en 1934 pour mesurer l'effet de la Grande Dépression sur l'économie, sans doute la crise que nous traversons a-t-elle besoin de nouveaux outils de mesure pour calculer son impact au regard d'enjeux qui n'existaient pas il y a presque cent ans.

Le PIB n'est pas le seul indicateur qui a mal vieilli. La notion de prix est elle aussi devenue au mieux, limitée, au pire obsolète. Que comprend-on par exemple de la valeur d'une bouteille plastique en observant les quelques euros qu'elle coûte ? Son prix ne comprend ni les ressources qu'elle prélève dans l'environnement lors de sa création, ni le coût de sa fin de vie. Y inclure le coût de sa fabrication, de son transport et de son recyclage ou réemploi permettrait au contraire de « lire » grâce au prix quels produits sont locaux, responsables et durables. C'est là tout le rôle de l'ingénieur. Connaisseur des systèmes, lui seul peut évaluer le coût réel en ressources naturelles de la production d'objets manufacturés, de l'activité des machines et des services les plus sophistiqués. Comme le changement climatique, le coût énergétique du progrès technique fait partie de ces grands ensembles impalpables dont on ne parvient pas à mesurer les contours. Le numérique est-il une

solution face au réchauffement climatique, ou l'une de ses causes directes ? Les deux-roues électriques sont-ils aussi écologiques qu'ils le prétendent ? Les énergies renouvelables ont-elles des coûts énergétiques cachés ? Avant d'apprendre à bâtir sans détruire, l'ingénieur doit au préalable mesurer l'impact de ses créations sur le monde et, pourquoi pas, aider le grand public à le comprendre.

MÉNAGER L'ingénieur, ambassadeur de la nature

Pour progresser et évoluer dans son environnement, l'humain fait de la recherche et développement depuis 2,5 millions d'années – soit depuis le premier Homo. La nature, elle, le fait depuis 3,8 milliards d'années – soit depuis l'apparition du vivant. Comment ne pas être tenté de copier celle qui bénéficie de plus de mille fois plus d'expérience que soi ? Plutôt que l'épuiser dans son stock – limité – de consommables, pourquoi ne pas puiser dans le puits – illimité – de connaissances qu'elle nous offre ? Aujourd'hui, on attend moins de l'ingénieur qu'il crée du neuf mais qu'il répare et optimise l'existant dans la contrainte des ressources dont il dispose. À ce titre, le biomimétisme – contraction de *bios*, le vivant, et *mimesis*, l'imitation –, qui désigne tout procédé d'innovation ou d'ingénierie inspiré de la nature et du monde vivant, est une nouvelle corde à son arc. Pour respecter l'environnement, autant l'imiter.

Les solutions tirées du biomimétisme nous entourent déjà : les parois de douche autonettoyantes s'inspirent de la feuille du lotus, rugueuse et hydrophobe ; les systèmes d'accroche adhésive des épines des fruits de bardane ; les systèmes de circulation de l'air des éco-habitats des termitières ; la forme du TGV japonais du bec du martin-pêcheur ; certaines architectures complexes du squelette humain ; des champignons qui rendent le béton auto-cicatrisant, les pales rotatives des éoliennes des nageoires des baleines ; ou encore certaines combinaisons de natation de la peau de requin. Leur dénominateur commun : des effets considérables pour un coût minimal.

Qui a inventé ça ?

Ces initiatives ont-elles été portées par un étudiant, une association, une start-up ou un grand groupe ? Dépassez les préjugés et découvrez les contours du futur métier d'ingénieur.

	un étudiant	une association	une start-up	un grand groupe
1. Innover pour lutter contre les nuisances sonores sur les chantiers	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Réinsérer des personnes éloignées de l'emploi par une politique de ressources humaines responsable	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Adopter des formats innovants et frugaux pour consommer moins de matériaux	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Développer l'usage du béton bas carbone	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5. Recycler des matériaux usagés plutôt qu'extraire de nouvelles matières premières	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6. Sensibiliser les particuliers et les encourager à consommer différemment	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

UN GRAND GROUPE

1. Pour réduire les nuisances sonores et environnementales sur le chantier du métro londonien, Soletanche Bachy (VINCI) a remplacé la grue à moteur diesel par une grue électrique branchée sur le réseau, une démarche qui a également permis de réduire les coûts. Cette initiative s'inscrit dans le cadre d'un engagement du groupe de réduire ses émissions de CO₂ de 40 % d'ici à 2030, qui implique des investissements de plusieurs centaines de millions d'euros, pour notamment remplacer les véhicules traditionnels par des véhicules électriques, hybrides ou à hydrogène.

UNE ASSOCIATION

2. À travers son association Graine en Main, Arthur Baur accueille des réfugiés sur un chantier d'insertion, une manière pour tous les travailleurs de découvrir d'autres approches et d'autres cultures. VINCI accompagne chaque année 4 000 personnes vers le retour à l'emploi et s'engage en faveur de 5 000 jeunes issus des quartiers prioritaires lors d'un stage d'orientation grâce au programme Give Me Five et à l'entreprise VINCI Insertion Emploi. Agréée entreprise adaptée et spécialisée dans le tri et la destruction des papiers de bureau, Élise compte 80 % de personnes en situation de handicap ou en difficulté d'insertion dans ses effectifs. Les Alchimistes, collecte et valorisation locale des déchets organiques des professionnels et des particuliers, se sont appuyés sur deux structures de réinsertion professionnelle (Études et chantiers et Halage) dès leur création.

UN GRAND GROUPE

3. Chez Soletanche Bachy (VINCI), le savoir-faire des ingénieurs est mis à contribution pour faire mieux avec moins. L'entreprise utilise la maîtrise d'ouvrage et la résistance des matériaux pour concevoir des pièces circulaires, notamment en dôme inversé, qui permettent de s'appuyer sur la force du sol pour réduire les armatures et économiser de la matière. L'entreprise Ingénova collabore également avec le laboratoire de l'INSA pour repenser l'usage du béton, voire le remplacer (en utilisant des déchets de terre végétale) et privilégier une mixité des matériaux (association bois-béton, bois-métal, etc.).

UN GRAND GROUPE

4. VINCI Construction généralise l'usage de béton bas carbone sur ses chantiers, avec sa nouvelle gamme de béton Exegy. Comment est obtenu le béton bas carbone ? Le béton traditionnel est constitué de ciment (12%), d'eau (6%) et de sables et gravillons (82%). Le ciment est responsable à lui seul de près de 85% de ses émissions de gaz à effet de serre. Le principal constituant du ciment, le clinker, est obtenu en chauffant à 1 500 °C un mélange de calcaire et d'argile. Cette décarbonation est responsable d'environ 60 % des émissions totales du ciment. En remplaçant le clinker par une composition de liants alternatifs minéraux, on obtient du béton bas carbone !

UNE START-UP

5. Sur ses chantiers, l'agence Seuil Architecture réalise des diagnostics ressources des bâtiments anciens et analyse la déconstruction du bâtiment pour maximiser le réemploi ou la revente. L'entreprise travaille notamment avec l'association Recyclo'Bat – une ressourcerie du bâtiment ouverte aux particuliers et aux professionnels –, et fait de la récupération de matériaux pour le travail du menuisier d'intérieur. Chez VINCI, les filiales de démolition sont devenues des filiales de déconstruction, afin de réutiliser au maximum les matériaux usagés. Elles remplacent ainsi des carrières réelles par des carrières dites « virtuelles ». Pour transformer le béton usagé en granulats de réemploi, l'entreprise dynamite les poteaux en béton, en extrait le ferrailage grâce à des machines spéciales et broie la matière restante dans des unités de concassage mobiles.

UNE START-UP

6. En fournissant aux particuliers un outil de calcul de leurs émissions individuelles de carbone, la start-up Carbo mêle l'ingénierie aux sciences cognitives pour faire changer les comportements. Elle informe les particuliers et les pousse à l'action en gamifiant l'expérience et en créant de l'émulation entre individus. En rassemblant ingénieurs, étudiants, enseignants, sociologues et économistes autour de la table, la fédération Ingénieur.es Engagé.e.s créée en 2017 par des étudiants de l'INSA Lyon à la suite du documentaire *Ingénieur pour demain*, s'engage pour faciliter la mise en relation des personnes engagées, inspirantes et en quête de sens dans le monde de l'ingénierie. •

Les « tips » des ingénieurs aux futurs ingénieurs

Arthur, Leslie, Simon, Dounia, Christopher et Gaétan ont entendu vos questions sur votre avenir en tant qu'ingénieurs lors du tour de France des écoles INSA. En repartant de leur propre expérience, ils vous donnent quelques clés pour mieux vous orienter dans votre futur métier.

Qui sont-ils ?

ARTHUR BAUR

est directeur de l'association d'insertion en maraîchage bio Graine en Main, qui soutient l'agriculture paysanne tout en œuvrant pour la réinsertion professionnelle.

LESLIE GONÇALVES

est cofondatrice de l'agence d'architecture Seuil Architecture, spécialiste en architecture sobre, sensible et à impact positif.

SIMON LETOURNEAU

est cofondateur de Carbo, l'application web gratuite pour améliorer son impact carbone au quotidien.

DOUNIA DEMS

est ingénieure physico-chimiste au Centre européen d'excellence en biomimétisme de Senlis (CEEBIOS).

CHRISTOPHER SANTERRE

est designer industriel et coconcepteur de l'Inceivable, la première machine à laver éco-conçue, réparable et évolutive.

GAÉTAN LEPOUTRE

est cofondateur des Alchimistes, entreprise locale de collecte et de compostage des déchets alimentaires de la restauration.

Une fois dans le monde de l'entreprise, comment ne pas remiser mes valeurs au vestiaire ?

ARTHUR « L'entreprise n'est pas le seul lieu d'épanouissement personnel. Si mes valeurs ne peuvent être réalisées par mon activité professionnelle, elles peuvent l'être au travers d'un engagement associatif, militant ou socialement responsable. D'autant plus que ces valeurs peuvent se transformer en une action concrète proposée au sein de l'entreprise: mécénat financier ou de compétences, actions de soutien ponctuelles, etc. ».

DOUNIA « Tout le monde n'a peut-être pas encore une conscientisation de ses "valeurs", c'était mon cas en sortie d'études. J'ai donc choisi de suivre mon instinct, ce qui m'a permis d'être en accord avec ma nature et mes principes. »

SIMON « Il faut tenter des expériences et faire un bilan de temps en temps pour vérifier qu'on est bien en accord avec soi et les valeurs qu'on veut porter. »

LESLIE « Être soi-même entrepreneur est sans doute la manière la plus aisée de mettre ses valeurs au cœur de son métier. »

CHRISTOPHER « Afin de ne pas avoir à renoncer à ses valeurs, le mieux est de travailler dans une entreprise correspondant à ces dernières. Des labels comme B Corp permettent d'identifier des entreprises qui intègrent dans leur modèle d'affaires et dans leurs opérations un haut niveau d'exigence en termes d'impact social, sociétal et environnemental. »

GAÉTAN Je dirais plutôt: « pourquoi remiser mes valeurs au vestiaire ? » À mon sens il y a peu de bonnes raisons de le faire. Les valeurs, par définition, c'est ce qui nous est cher, ce qui nous définit, ce pour quoi on ne transige pas. Le monde évolue aussi sous l'impulsion de ceux qui affirment leurs valeurs: alors faites votre part! Enfin pour dédramatiser je dirais que le contexte actuel favorise l'expression de valeurs environnementales et sociétales: c'est le moment de s'affirmer!



Comment accélérer le déploiement de techniques respectueuses de l'environnement et de la société ?

ARTHUR « En pensant à long terme et non plus à court terme comme on nous le propose partout et tout le temps. En gardant à l'esprit que le changement ne se trouve pas sur les rails qui se trouvent devant nous. »

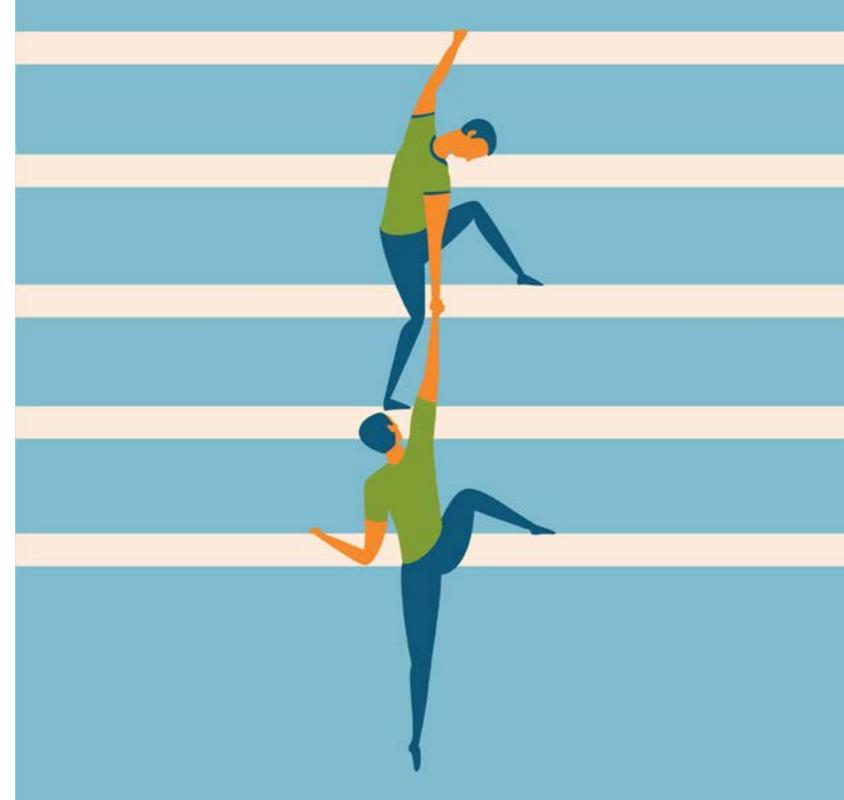
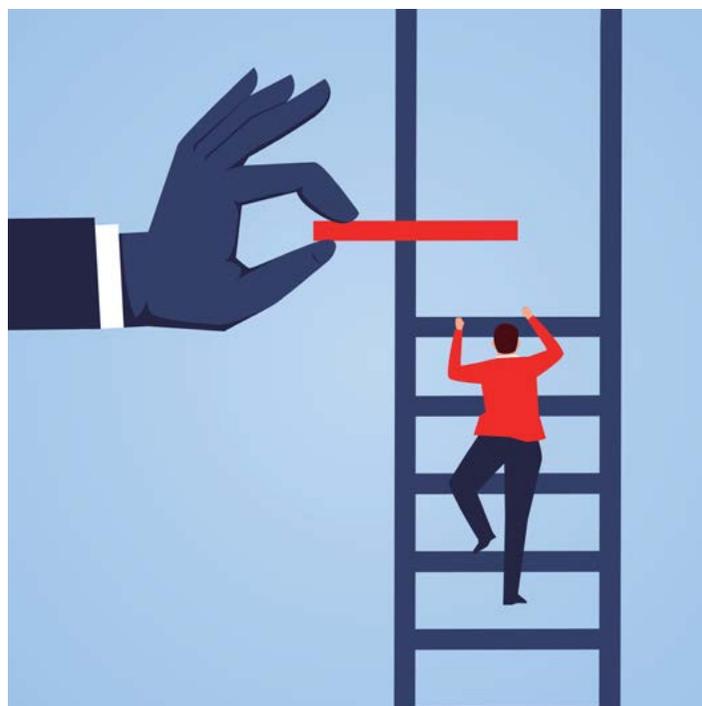
DOUNIA « Nous ne pourrions pas évoluer sans investissement en recherche et développement, pour sortir des sentiers battus en questionnant le problème initial et sortir de l'incrémental pour envisager des innovations de rupture. »

SIMON « Cela passe par des contraintes et des envies. Il faut se donner des contraintes, des limites et des normes pour permettre que ces techniques ne soient plus anecdotiques mais deviennent la norme. En revanche, il est également important que chacun ait l'envie de se projeter dans un monde plus respectueux de l'environnement, en inventant de nouveaux récits écologiques motivants. »

LESLIE « Expérimenter soi-même des solutions respectueuses du vivant est l'étape qui précède le partage d'expériences. Démontrer que c'est possible, vivre ces expériences avec enthousiasme me semble la voie la plus rapide pour inspirer le changement. »

CHRISTOPHER « D'une part en cessant ou en évitant au maximum d'utiliser et de contribuer à la création de produits ou services d'entreprises dont les activités utilisent des techniques fortement consommatrices de ressources. D'autre part en contribuant à la promotion de techniques plus sobres en les privilégiant dans ses choix de consommation et en prenant part à leur développement par son activité professionnelle ou associative. »

GAËTAN « Il faut créer des techniques qui vont nous faire repenser notre rapport aux choses, en privilégiant la frugalité à tous niveaux (ressources, énergies, finances, maintenance, etc.). Par exemple ne pas se demander comment faire une voiture "qui pollue moins", mais plutôt comment donner envie de moins se déplacer, ou de mutualiser les moyens de transport. »



Dois-je me spécialiser ou cultiver ma pluridisciplinarité ?

ARTHUR « Si j'ai la possibilité d'acquérir une compétence spécifique et attendue, d'atteindre un haut niveau d'expertise, il est intéressant de me spécialiser, mais la pluridisciplinarité est source de richesse de points de vue et de compétences dans des domaines différents et très souvent complémentaires. »

DOUNIA « Mon parcours est lui-même à l'interface de plusieurs disciplines, cela me permet de pouvoir communiquer avec de nombreux métiers, ce qui est très riche par la diversité des projets menés. Mais pour chaque projet nous devons collaborer avec des experts qui se sont spécialisés dans chaque domaine. Donc je pense qu'il est important d'avoir les deux types de profils autour de la table pour mener un projet, et cela dépendra des appétences de chacun. »

SIMON « Il est important de cultiver sa pluridisciplinarité et son ouverture d'esprit mais il reste nécessaire à un moment donné de creuser un sujet. La spécialisation s'entend naturellement en matière de compétences techniques, mais aussi de manière sectorielle ("je suis fasciné par les océans")

ou même en "soft skills": ce que j'aime, c'est écrire, ce que j'aime, c'est rencontrer des gens, etc. Et trouver un métier qui réponde aussi à ces appétences-là ! »

LESLIE « Cultiver sa pluridisciplinarité développe l'ouverture d'esprit, la capacité à s'adapter et à aider les autres. Se spécialiser permet de devenir un expert dont les compétences animent les débats et stimulent les innovations. Alors, soyons libres d'aller vers nos plus grandes compétences ! »

CHRISTOPHER « Cela dépend du tempérament et des appétences de chacun. Un profil généraliste sera idéal pour répondre aux besoins multiples et variés d'une jeune entreprise innovante ou d'un cabinet de conseil alors qu'un profil plus pointu pourra être particulièrement adapté aux besoins spécifiques d'un bureau d'études d'une TPE / PME ou d'une grande entreprise par exemple. »

GAËTAN « Les experts et les généralistes sont des profils très différents et complémentaires. Essayez de sentir ce qui vous correspond le mieux et d'aller dans ce sens. »

Les controverses



Peut-on vraiment réparer le monde ?

« Pour moi, réparer n'est pas le bon terme. Ça sous-entend que le monde est réparable. »

Océane Lannoy (étudiante INSA)

« Réparer, cela signifierait que l'on retrouve l'état d'avant, je n'y crois pas beaucoup non plus. »

Gaétan Lepoutre (Les Alchimistes & Élise)

Peut-on avoir de l'impact en restant petit ?

« Pour relever les défis sociétaux, chaque contribution compte. Plus l'entreprise est puissante, plus elle doit porter une responsabilité sociale importante. C'est par l'effet de notre taille et la profondeur de nos engagements que nous sommes des acteurs importants de l'insertion. »

Thierry Covelo (VINCI)

« Il ne faut pas vouloir à tout prix être parfait car cela empêche de grandir et d'avoir un impact. La rentabilité financière reste un moyen indispensable pour avoir une utilité, une entreprise n'a pas d'autre choix que d'être rentable pour pouvoir continuer d'agir. »

Gaétan Lepoutre (Les Alchimistes & Élise)

La décroissance est-elle une option valable ?

« Face aux enjeux actuels, l'ingénieur a un rôle clé : il peut conduire le changement. »

Gaétan Lepoutre (Les Alchimistes & Élise)

« Nous aimerions pouvoir orienter la trajectoire du progrès pour ne plus foncer sur l'innovation à tout prix mais choisir des alternatives plus épurées, plus simples, plus low tech, quitte à renoncer à un certain confort. »

Audrey Jolibois (étudiante INSA)



Les grandes entreprises ont-elles une âme ?

« Les entreprises sont des corps vivants qui sont impactés par l'état du monde dans lequel elles évoluent. Nous devons être très impliqués dans la préoccupation environnementale. Cela étant, faute de s'approprier pleinement les dimensions sociales, notre collectivité humaine sera plus rapidement bouleversée par ces tensions que par le changement climatique. Soyons attentifs à nous investir dans l'une sans oublier l'autre. »

Thierry Covelo (VINCI)

« La responsabilité sociétale et environnementale est le sujet clé de nos séminaires d'entreprise. »

Arnaud Residant (Soletanche Bachy, VINCI)

Notre salut est-il dans les sciences dures ou molles ?

« Quand j'étais encore étudiant, je déconsidérais les sciences humaines et sociales. Aujourd'hui, je sais pourtant que l'ingénierie ne pourra pas faire changer les comportements sans l'aide des sciences cognitives. »

Simon Letourneau (Carbo)

« Le point fort de l'ingénieur est de prendre les chiffres pour ce qu'ils sont, et de ramener de la rationalité là où il y a des fantasmes. »

Damien Saby (Omexom, VINCI)

Les jeunes diplômés ont-ils pieds et poings liés ?

« Heureusement, nous sommes équipés pour trouver des solutions, nous avons accès à des données et des connaissances techniques, notamment sur l'énergie renouvelable ou l'écoconception, qui nous permettent d'agir. »

Audrey Jolibois (étudiante INSA)

« En tant que jeune diplômé, vous êtes très écouté des entreprises et même une fois salarié, vous avez le pouvoir de faire bouger les choses et de faire entendre votre voix. »

Simon Letourneau (Carbo)

Le monde des entreprises est-il vérolé ?

« La contrainte de l'économie de marché, c'est-à-dire du coût, contraint les cahiers des charges des ingénieurs. Dans ceux-ci, la durabilité n'est pas une contrainte prioritaire. »

Christopher Santerre (L'Inceivable)



Quel outil de mesure pour le changement climatique ?

« Partout, on n'arrête pas de parler de réduire l'empreinte carbone des activités humaines, mais en réalité peu de personnes connaissent la valeur carbone de leur quotidien. »

Simon Letourneau (Carbo)

« Quand on dit qu'une bouteille d'eau coûte 1,5 €, on ne saisit pas son véritable coût. Si on voulait l'évaluer de manière juste, il faudrait internaliser ses externalités négatives, c'est-à-dire ajouter le coût environnemental de sa production et de son recyclage. »

Simon Letourneau (Carbo)

Naturel ou artificiel ?

« Pour ne pas sombrer dans un modèle apprenti sorcier, il faut s'inspirer de l'existant, du vivant et de l'humain. »

Arthur Baur (Graine en Main)

« L'évolution du vivant nous offre les apprentissages de très nombreux essais et erreurs. Le biomimétisme ne consiste pas à nous empêcher de produire, c'est une nouvelle boîte à outils pour produire autrement. »

Dounia Dems (CEEBIOS)

« Les termitières, ces galeries complexes qui maintiennent une bonne circulation de l'air, une bonne température et une hygrométrie quasi constante, ont inspiré de nombreux nouveaux bâtiments et éco-habitats. »

Gérard Hermal (INSA Strasbourg)

À voir

et à lire



PIB ou CO₂, il faut choisir, 2019

Dans cette conférence donnée aux étudiants de Sciences Po Paris, le spécialiste de l'énergie et du climat Jean-Marc Jancovici présente la transition énergétique dans des termes toujours simples et jamais simplistes. [Vidéo](#)

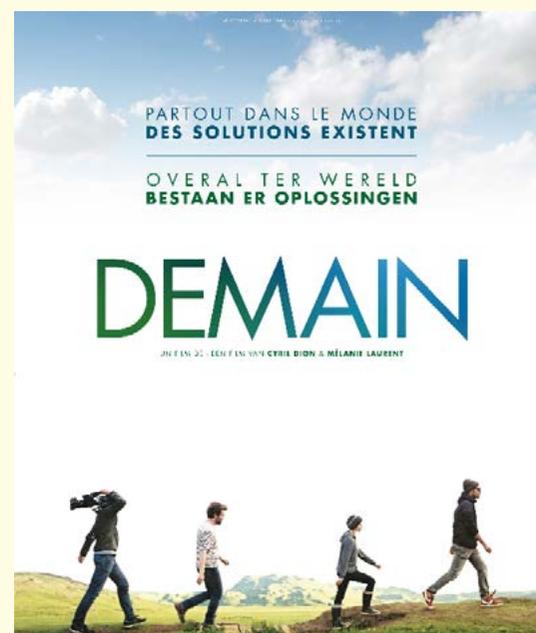


Ingénieur pour demain, 2017

Tourné par les étudiants de l'INSA Lyon, ce documentaire est un instantané des enjeux du XXI^e siècle et des espoirs portés par les nouvelles générations d'ingénieurs. [Vidéo](#)

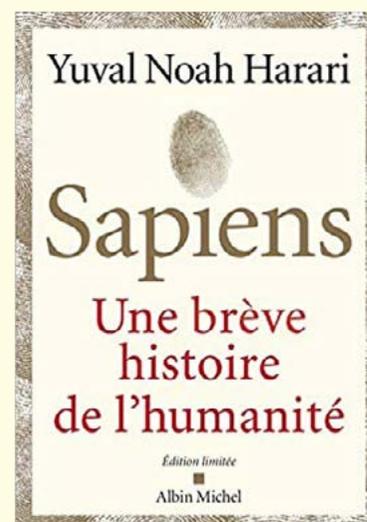
Demain, 2015

Un road movie documentaire en cinq volets pour comprendre le réchauffement climatique et proposer des réponses concrètes. Réalisé par Cyril Dion et Mélanie Laurent, ce film a été tourné dans dix pays.



Sapiens

Comment le monde en est-il arrivé à ce qu'il est aujourd'hui ? L'auteur Yuval Noah Harari raconte l'histoire de notre espèce et décortique les récits et mythes qui font le squelette de notre société.



Attends, mais pourquoi ?

C'est le blog pour tout comprendre sans se prendre la tête. Traduits du blog anglais Wait but Why, les articles décortiquent les grandes questions de l'humanité à coup de dessins et de métaphores. Drôle, léger et passionnant. [Blog](#)

Merci

Aux étudiants et futurs diplômés de l'INSA :

Audrey Jolibois (INSA Rouen),
Manon Le Nu (INSA Blois),
Océane Lannoy (INSA Lyon),
Léa Watremez (INSA Strasbourg),
 et **Guillaume Ratineau** (INSA Toulouse).

Aux alumni INSA :

Arnaud Residant, ingénieur matériel
 chez Soletanche Bachy (VINCI),
Clémence Lepourry, ingénieure chez
 Ingénova, entité R&D du groupe Legendre
 et **Damien Saby**, responsable d'affaires
 chez Omexom (VINCI).

Aux experts :

Arthur Baur, directeur de l'association
 Graine en Main, un chantier d'insertion
 en maraîchage biologique,
Simon Letourneau, diplômé d'école d'ingénieurs
 et co-fondateur de la start-up Carbo,
Gaétan Lepoutre, cofondateur de deux
 entreprises dédiées au recyclage
 des déchets, Élise et Les Alchimistes,
Christopher Santerre, designer industriel
 et co-concepteur de l'Increvable, la première
 machine à laver éco-conçue, réparable
 et évolutive,
Thierry Covelo, directeur du développement
 RH, inclusion et diversité de VINCI,
Dounia Dems, ingénieure du Centre
 européen d'excellence en biomimétisme
 de Senlis (CEEBIOS),
Gérard Hermal, enseignant en énergétique
 à l'INSA Strasbourg
 et **Leslie Gonçalves**, spécialiste de l'architecture
 sobre, sensible et à impact positif au sein
 de Seuil Architecture.

À tous les étudiants et toutes les étudiantes

qui ont participé à ces débats – sur site ou à
 distance – à l'INSA Rouen le 27 novembre 2019,
 à l'INSA Blois le 14 janvier 2020,
 à l'INSA Lyon le 10 mars 2020,
 à l'INSA Strasbourg le 3 novembre 2020,
 à l'INSA Rennes le 12 novembre 2020,
 et à l'INSA Toulouse le 19 novembre 2020.

Directrices de la publication (VINCI)

Aurélie Cahuzac,
 Emmanuelle Delahaye,
 Pauline Gondon,
 Valérie Lacoste

Conception éditoriale et rédaction en chef

Usbek & Rica

Comité de rédaction

Pauline Gondon,
 Aurélie Cahuzac,
 Romain Bourcier,
 Florie Debailleux,
 Alix Jessenne

Couverture

Julie Guillem

Textes

Millie Servant

Direction artistique et création graphique

Marine Benz

Secrétaire de rédaction

Jeanne El Ayeb

Photos

Shutterstock

Date d'édition

Avril 2021



