

# **Design fiction et imaginaires : les valeurs sociales au cœur de la pédagogie de la transition, le cas du rapport au vivant des ingénieurs**

ANNE MONNIER

Institut Mines Télécom, [monnier.anna@gmail.com](mailto:monnier.anna@gmail.com), Paris, France

MAX MOLLON

Université PSL, Laboratoire SACRe, [max.mollon@sciencespo.fr](mailto:max.mollon@sciencespo.fr), Paris, France

ANTOINE FRICARD

Institut Mines Télécom, [antoine.fricard@imt.fr](mailto:antoine.fricard@imt.fr), Palaiseau, France

## **TYPE DE SOUMISSION**

Atelier

## **MOTS-CLÉS (MAXIMUM 5)**

Design Fiction, Rapport au vivant, Système de Valeurs, Approche épistémique, pédagogie de la transition

## **KEY WORDS (MAXIMUM 5)**

Design Fiction, Relationship to the living, Value system, Epistemic approach, Ecological transition pedagogy

## RÉSUMÉ

Le module pédagogique présenté ici a été créé en *Design Fiction* pour un public d'étudiant-es ingénieur-es: le narratif se déroule en 2043. Les élèves sont invités à imaginer comment ils ont pu, 20 ans plus tôt, réussir à basculer des « ingénieries obsolètes » aux « ingénieries de la permanence » basées sur le cahier des charges du vivant. Cet exercice, répondant à la demande de l'Institut Mines-Télécom de sensibiliser environ 2000 étudiant-es aux enjeux de la biodiversité, les incite à adopter une posture épistémique sur le système de valeurs dans lequel ils exerceront leur métier d'ingénieur-e. Au centre de leur mission, ils découvrent un ingrédient secret permettant d'accélérer la transition écologique : un nouveau rapport au vivant.

L'atelier présenté à QPES est conçu pour des enseignants autant néophytes qu'experts. Dans un premier temps, les participants vivront en accéléré les moments forts de ce module pédagogique immersif. Dans un deuxième temps, ils découvriront les rouages de sa conception. Un temps en fin d'atelier sera réservé pour une discussion sur les perspectives et les limites d'un tel module basé sur les imaginaires.

D'une part, la conception de ce module s'est inspiré de travaux qui ont identifié qu'enseigner une posture épistémique sur les valeurs opérantes de la société était un levier pédagogique beaucoup plus puissant qu'une approche comportementale pour pouvoir passer à des actions durables de changement (Reider & Partner (2012), Girault et al. (2014), Robichaud (2013)). Plus précisément, le dernier rapport de l'IPBES (2018) a pointé l'efficacité de tels exercices épistémiques sur les valeurs sociétales de notre rapport au vivant pour renverser la tendance de l'effondrement actuel de la biodiversité.

D'autre part, les concepteurs se sont appuyés sur la technique du design-fiction, une sous-catégorie des « imaginaires et de la littératie des futurs » (Miller, R., 2022) pour susciter une motivation chez les étudiant-es ingénieur-es pour aborder des enjeux si loin de leurs intérêts premiers. Le contenu « pivot » a consisté en (1) une proposition de mutation de 7 comportements de l'ingénieur basée sur le cahier des charges du vivant (Benyus, 2009) (2) quatre cartes d'inspiration présentant des archétypes de l'ingénieur.e architecte du XXIe siècle mêlant nouveau rapport au vivant et culture populaire de science fiction (« Corinne Morel Darleux : La Fiction Comme Nourriture À L'action ».).

Dans l'analyse, le processus de conception est explicité pour faciliter l'appropriation ou l'adaptation d'un tel module, qui part des valeurs pour outiller l'action. La participation volontaire de 76% des élèves, la production de nouveaux récits pour 32% d'entre eux soutiennent une première analyse positive sur l'atteinte des objectifs : susciter une curiosité chez les étudiant-es ingénieur-es pour le vivant et les froter à une posture épistémique sur les valeurs actuelles du métier de l'ingénieur. Nous invitons les enseignants à prendre connaissance des choix de conception et de s'approprier un tel module dans un environnement plus intime qui permettra d'ajouter une discussion sur les conséquences, les leviers et les freins de l'adoption ou du rejet du nouveau système de valeurs proposé.

## SUMMARY

The module presented here was created in Design-Fiction for an audience of engineering students: the narrative takes place in 2043. The students are invited to imagine how they could, 20 years earlier, succeed in switching from "obsolete engineering" to "permanent engineering" based on the specifications of the living. This exercise, in response to a request from the Institut Mines-Télécom to raise awareness on biodiversity issues among some 2,000 students, encourages them to adopt an epistemic posture on the value system in which they will practice their profession. At the heart of their mission, they discover a secret ingredient for accelerating the ecological transition: a new relationship with living beings.

The workshop presented at QPES is designed for both novice and expert teachers. First, participants will experience the highlights of this immersive module. In a second step, they will discover the mechanics of its design. At the end of the workshop, a discussion will be held on the perspectives and limits of such a module based on the imaginary.

On the one hand, the design of this module was inspired by publications identifying that teaching an epistemic posture about society's operative values was a much more powerful pedagogical lever than a behavioral approach for moving to sustainable actions for change (Reider & Partner (2012), Girault et al. (2014), Robichaud (2013)). Specifically, the latest IPBES report (2018) underlined the effectiveness of such epistemic exercises on the societal values of our relationship to living beings to reverse the current biodiversity collapse.

On the other hand, the designers relied on the technique of design-fiction, a subcategory of "imaginaries and literacies of futures" (Miller, 2022) to generate motivation in engineering students to address issues so far from their primary interests. The "pivotal" content consisted of (1) a proposal for the mutation of 7 engineer behaviors based on the specifications of the living (Benyus, 2009) (2) four inspiration cards presenting archetypes of the engineer-architect of the XXIth century mixing a new relationship to the living and popular science fiction culture (Morel Darleux, 2022).

In the analysis, the design process is made explicit to facilitate the appropriation or adaptation of such a module, which starts from the values to tool the action. The voluntary participation of 76% of the students and the production of new narratives for 32% of them support an initial positive analysis of the achievement of the objectives: arousing the curiosity of engineering students about living organisms and exposing them to an epistemic posture on the current values of the engineering profession. We invite teachers to become aware of the design choices and to appropriate such a module in a more intimate environment that will allow for a discussion on the consequences, levers and brakes of the adoption or rejection of the proposed new value system.

# 1. Introduction

Le terme « transition écologique » a été à l'origine élaboré par un enseignant britannique en permaculture qui a initié en 2005 le mouvement international des villes en transition (Hopkins., 2010). Ce terme adressait une nécessité urgente de changement sociétal en prenant comme échelle d'action le territoire. Il arrive d'oublier, particulièrement dans le milieu ingénieur, que la transition écologique implique autant une transition sociale qu'une transition énergétique, permettant de rendre compatibles les activités humaines avec l'habitabilité de la planète par l'ensemble des êtres vivants, en particulier pour nos générations futures. Cette soutenabilité forte a ensuite été scientifiquement décrite par le respect de neuf limites planétaires (Rockstrom et al, 2009) dans lesquelles les activités humaines doivent s'inscrire pour assurer cette habitabilité à long terme. Plus récemment, le modèle socio-économique du « *doughnut* » (Raworth, 2017) a proposé concrètement « *sept façons de penser comme un économiste du 21ème siècle* », et repose explicitement sur un nouveau socle de valeurs permettant de construire une société moderne soutenable (explicitées par le Doughnut economics Action lab).

Cette approche de la pensée et de l'action au niveau des territoires et celle basée sur les « valeurs » qui seraient donc à favoriser dans une pédagogie de la transition.

## DÉVELOPPER UNE POSTURE ÉPISTÉMOLOGIQUE POUR PASSER DE « SAVOIR » À « VOULOIR » LE CHANGEMENT

Face à l'enjeu colossal qu'est le changement de comportement à grande échelle que demande une réelle transition écologique, de nombreux verrous socio-techniques se dressent. Ces verrous typiques et complexes ont été décrits dans le modèle transthéorique du changement proposé par Prochaska & Di Clemente (2005). Notamment, le modèle décrit très schématiquement le mécanisme des freins au changement comportemental sous forme de cycle : « savoir permet de vouloir, « vouloir » permet de pouvoir, « pouvoir » doit être soutenu dans la durée pour ne pas « rechuter » et revenir à un manque de savoir ou de volonté.

Au sein de ce cycle, les enseignements de la transition écologique en école d'ingénieur sont plus massivement structurés autour de l'étape « savoir » (enseigner les faits) et « pouvoir » (trouver des solutions). Ces enseignements impliquent des disciplines de sciences dites « dures » et dont l'objectif global est de fournir du savoir et des solutions techniques. Généralement ils traitent de l'optimisation des systèmes productifs industriels, du développement des technologies numériques, ou de la performance économique des entreprises basée sur l'indicateur unique de croissance économique. Même les enseignements de nouveaux courants émergents comme la low-tech ou l'économie circulaire s'inscrivent dans l'étape « pouvoir » (The Shift Project, 2023).

Cette approche présente trois limitations. D'abord, l'étape du « savoir » et notamment la sensibilisation aux enjeux de la transition écologique est aujourd'hui largement usitée, comme en témoigne le déploiement massif des Rentrées Climat dans les établissements de l'Institut Mines Télécom (Forestier, 2022). Or, s'arrêter à cette étape comporte un caractère **incapacitant sur le plan motivationnel**. La transition écologique est un problème difficile (« *Wicked Problem* » - Rittel & Webber, 1972) à grands niveaux de complexité, d'ampleur et de dramatisme des données environnementales, problème que l'on ne peut résoudre seul. Monter en connaissance est une étape importante mais ne donne pas les moyens motivationnels aux élèves de se diriger vers l'action, voire risque de déclencher des postures d'inaction ou de déni (Mangin & Gousse-Lessard, 2022).

Ensuite, la formation ingénieur est enclin à explorer des solutions techniques à ces défis, mais de tels solutions **ne contribuent pas à dépasser les effets rebond** des systèmes industriels modernes,

conduisant à l'accélération exponentielle des effets des activités humaines (IPCC, 2022), dont celle de l'effondrement de la biodiversité qui est l'une des neuf limites planétaires déjà outrepassée (IPBES, 2019, Steffen et al., 2015)<sup>1</sup>, et à laquelle une solution purement technique n'est pas adaptée. Plus largement, « le vivant »<sup>2</sup> est d'ailleurs un thème particulièrement oublié des écoles d'ingénieurs françaises depuis plusieurs décennies, en témoignent son absence quasi totale dans les contenus des programmes de formation (The Shift Project, 2023).

Enfin, certaines approches pédagogiques innovantes de la transition écologique, mises en place en école d'ingénieur, se sont inscrites dans l'approche par compétences et dans un changement de posture. Elles favorisent des méthodes participatives et souvent coopératives, permettant d'amorcer un changement dans la façon d'apprendre. Or, ces approches ont encore peu été mises au service du développement de **compétences méta-cognitives impliquant une réflexivité** en vue d'articuler les principes du sens de l'éthique, de la responsabilité, de la construction de futurs désirables et de la recherche de sens, dans un modèle pédagogique, métacognitif et opérationnel du développement des compétences (Romainville, 2007).

En résumé, connaître le problème (savoir) et prétendre avoir les moyens de pouvoir le dissoudre (pouvoir), ne veut pas dire vouloir le résoudre (vouloir) ou savoir pourquoi participer à un changement de comportements. Deux cadres théoriques permettent d'étayer cette critique.

Premièrement, sur le plan individuel, certains auteurs tels qu'Yves Girault ou plus notablement Noam Chomsky (Robichaud, 2013), dans leurs approches humanistes de l'éducation, ont expérimenté puis décrit les limites de l'approche comportementale qui omet de traiter la question du « pourquoi » agir - ou changer de pratique. Cette approche comportementale ne favoriserait pas l'émancipation mentale qui serait le levier d'un changement profond d'état d'esprit, et donc d'un changement durable des comportements (Girault et al. (2014), Zwang and Girault (2012)). Cette étape de **prise de conscience du système de valeurs opérant serait donc la première clé d'un changement de comportement durable** à l'échelle individuelle comme collective pour tendre vers un nouveau modèle de société (Martin & Gaspard, 2017).

Deuxièmement, sur le plan collectif, Donella Meadows – co-autrice du club de Rome du premier rapport sur les limites à la croissance – décrit en 1999 dans « *leviers pour intervenir dans un système* » (officiellement publié par Reider & Partner, 2012), en quoi **un nouveau cadre de valeurs sociales serait l'un des leviers les plus efficaces pour lever les freins au changement de tout un système complexe** d'organisation humaine (éléments indiqués en gras dans la figure ci-après).

---

<sup>1</sup> L'IPCC *Intergovernmental Panel on Climate Change* ou GIEC est le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat de l'ONU, et l'IPBES est son équivalent pour les questions de biodiversité : la *Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques*.

<sup>2</sup> Pour la suite de l'article, on utilisera les termes « le vivant » ou « la relation au vivant » pour une définition allant au delà d'une vision purement biologiste de la vie, mais s'inspirant de la philosophie d'Augustin Berque. « Le vivant » désignera ainsi globalement l'ensemble des êtres vivants humains et non-humains compris dans la biomasse planétaire, potentiellement impacté par les activités humaines, structuré en milieux ou en écosystèmes impliquant des liens complexes d'interdépendance. « Vivant » et « Reste du Vivant » sont donc des formulations qui permettent d'éviter de parler des « humains » en opposition à « la nature », ré-insérant les humains dans un écosystème plus large. (*Le Vivant Et Son Milieu, Ou D'écologie En Mésologie - Augustin Berque, Géographe Et Philosophe - Habiter Le Vivant, La Terre EP3 | Ausha, n.d.*)

<b>Lieux d'intervention dans un système (par ordre croissant d'efficacité)</b>	
12. Constantes, paramètres, chiffres (tels que les subventions, les taxes, les normes)	06. La structure des flux d'informations (quelles personnes ont, ou n'ont pas, accès à quels types d'informations)
11. La taille des tampons et autres stocks stabilisateurs, par rapport à leurs flux.	05. Les règles du système (telles que les incitations, les punitions, les contraintes)
10. La structure des stocks et des flux de matières (tels que les réseaux de transport, les structures d'âge de la population).	04. Le pouvoir d'ajouter, de modifier, d'évoluer ou d'auto-organiser la structure du système.
09. La durée des retards, par rapport au taux de changement du système.	03. <b>Les objectifs du système.</b>
08. La force des boucles de rétroaction négative, par rapport aux impacts qu'elles tentent de corriger.	02. <b>L'état d'esprit ou le paradigme à partir duquel le système – ses objectifs, sa structure, ses règles, ses délais, ses paramètres – se met en place.</b>
07. Le gain lié à la stimulation des boucles de rétroaction positives.	01. <b>Le pouvoir de transcender les paradigmes.</b>

**Figure 1 : Liste des leviers pour intervenir dans un système, classés par ordre croissant d'efficacité, mais également de difficulté à les mobiliser (Reider & Partner, 2012)**

Notre première hypothèse pour dépasser ces limitations sera d'explorer une approche épistémique de la pédagogie : partir du « pourquoi » (le socle de valeurs) pour permettre ensuite une motivation intrinsèque qui nourrit et oriente consciemment le « quoi et le comment » (les activités humaines).

#### **IMAGINAIRES ET DESIGN FICTION, DEUX BRAS DE LEVIER METTANT EN JEU LES VALEURS SOCIALES QUI SOUS-TENDENT UN SYSTÈME**

Comment identifier et conscientiser les valeurs sociales d'un groupe ou d'un individu ? C'est une difficulté notable à l'entreprise de les mettre au cœur d'un dispositif pédagogique. Des champs académiques sont dédiés à cette intention, dont l'ethnométhodologie (Barthélémy & Quéré, 2007) pour ce qui est de l'étude des normes, et la techno-méthodologie pour ce qui est de leur étude en conséquence du déploiement ou de l'usage d'un objet technique.

Toutefois, d'autres approches récentes non affiliées à ces champs montrent l'usage de méthodologies encourageant la quête de sens, l'exploration du « pourquoi » changer. Il s'agit des pratiques de facilitation de la projection dans le futur (et donc, dans le changement) par l'entraînement de sa capacité à anticiper: la « *littératie des futurs* » (Miller., 2022). Développer une sensibilité prospective chez l'étudiant ou l'étudiante est une approche qui pourrait remédier à la difficulté de passer du stade « *savoir* » au stade « *vouloir* » du cycle du changement – autrement dit, à positionner ses opinions – à condition d'outiller la capacité d'imagination d'à quoi pourrait ressembler un futur différent et désirable (participant ainsi à répondre à la question posé par Bruno Latour, « Où Atterrir ? »).

Parmi les pratiques favorisant la littératie des futurs, un ensemble de travaux prennent comme médium les « nouveaux récits » et les « imaginaires » comme porteurs de nouvelles valeurs sociales et de futurs désirables. On peut nommer dans les courants non-académiques des auteurs comme Cyril Dion, Alain Damasio ou encore Corinne Morel Darleux qui utilisent ce principe dans leurs créations, et appellent publiquement la société à utiliser ces nouveaux récits plus largement comme récemment Corinne Morel Darleux dans la revue Socialter (Morel Darleux, 2022). Une partie de ces pratiques sont comparable à une forme de « simulation » (Van Belleghem, 2018, Chaumon et al., 2018), concept qui dessine un champ large incluant autant la prospective que le théâtre. En particulier, une sous-catégorie particulière du domaine de la « simulation » est le « design fiction » (Bleecker et al., 2022), mobilisée ici et développée depuis 2009 par Julian Bleeker.

Tel que défini par Max Mollon, le design fiction est l'un des champs du design (comme le design graphique ou produit) spécialiste du changement. Il questionne notre monde en montrant comment

celui-ci peut changer. L'idée est d'imaginer et représenter un autre monde (une fiction sociale) et les usages qui le parsèment, afin de mettre un public face au futur. L'objectif peut être : de remettre en question le présent ; d'explorer d'autres futurs ; de débattre et décider collectivement de la trajectoire à prendre. Complémentaire à la « prospective », le design rend la pensée complexe des systèmes sociaux et techniques accessibles à tous·tes.

Cette pratique peut employer des formats d'intelligence collective invitant des personnes à créer ces artefacts tirés du futur, au sein des récits qui les portent, permettant ainsi de se confronter au changement (et à ses conséquences) de manière ludique. Cette approche répond particulièrement bien d'une part à la tâche **de lier les imaginaires aux valeurs sociales**, et d'autre part au besoin de **simuler des situations concrètes d'usages**, en particulier pour ce qui nous intéresse, l'ingénieur dans un système socio-technique. À noter, il y a d'autres usages contemporains du design fiction qui ne sont pas mobilisés ici (inspiration de l'innovation (Minvielle & Wathelet, 2017), enquête par anticipation, sensibilisation à des enjeux de société (Mollon & Kerspern, 2018), organisation de débats et participation à une gouvernance partagée (Mollon, 2019).

Plus précisément, les imaginaires, tels que compris dans le présent travail, diffèrent de l'imagination. L'imaginaire est collectif, là où l'imagination est individuelle. Les imaginaires peuvent être compris comme un ensemble de représentations (publicité, littérature, cinéma, proverbes, icônes religieuses, etc.) relatives à un thème spécifique, partagées par les membres d'un groupe social. Voir Durand (2016) et Maffesoli (2013) pour des lectures différentes mais cohérentes du concept d'imaginaires socio-techniques. Et voir Mussot (2014) et les travaux de la Chaire de MODIM (Modélisation des imaginaires) pour un usage spécifique du concept à destination de pratiques de l'innovation industrielle.

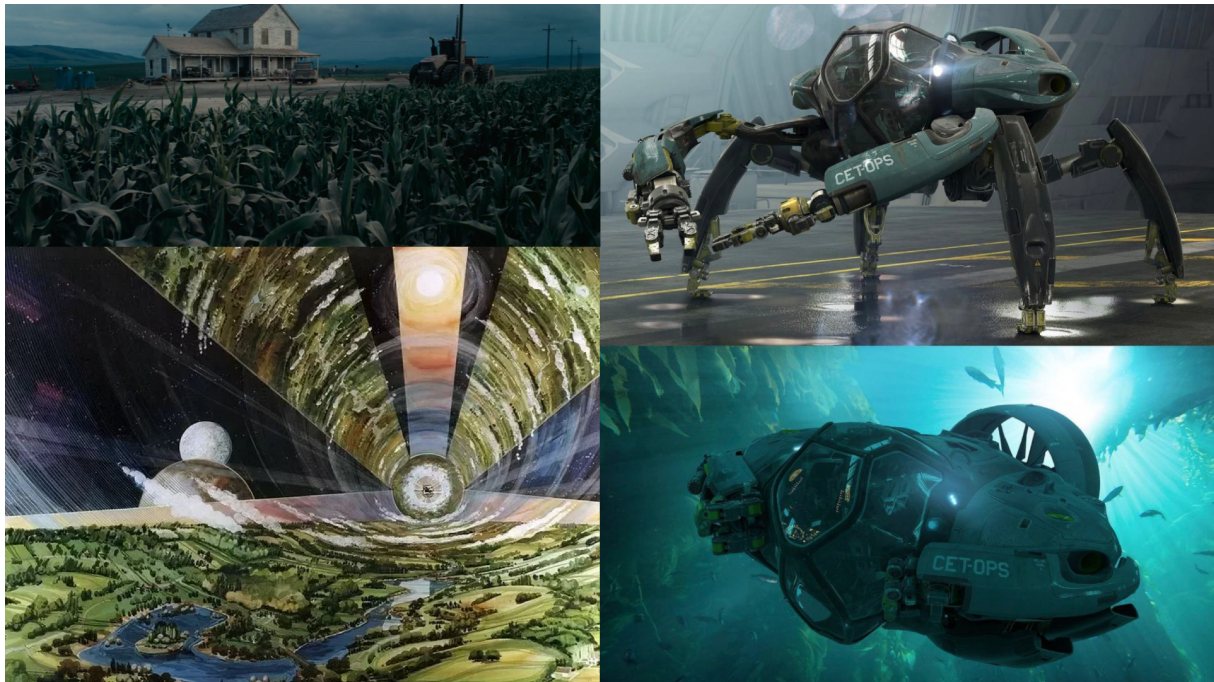
Comme les imaginaires forment un liant social qui participe à la culture, aux croyances, aux valeurs, les représentations véhiculant des imaginaires deviennent un matériau de travail pertinent pour rendre les valeurs apparentes.

*Notre seconde hypothèse est donc qu'il est possible, dans un dispositif pédagogique, d'employer le design fiction pour construire des représentations incarnant des imaginaires qui mobilisent des valeurs spécifiques. Ces représentations permettraient alors de conscientiser les valeurs, voire de faire l'expérience – par la fiction – de leur acceptation généralisée (ou tout du moins de simuler une forme de projection dans un tel futur). Le design fiction devenant ainsi le bras du levier systémique que sont les valeurs sociales.*

## **BESOIN D'IMAGINAIRES ALTERNATIFS : LES VALEURS SOCIALES PEUVENT AUSSI ÊTRE UN FREIN À LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE**

Nous avons avancé qu'un enjeu principal pour enseigner la transition écologique serait de permettre aux étudiant·es de conscientiser ce socle de « valeurs », car il sous-tend les activités humaines. Toutefois, pourquoi les valeurs sociales les plus répandues sont-elles à changer ? En quoi font-elles parties du problème ? En quoi imaginer des solutions techniques basées sur ces valeurs risque-t-il de perpétuer le problème du dépassement des limites planétaires, ou autrement dit, contribuer au développement de l'ère de l'anthropocène (Steffen, 2011, Beau & Larrère, 2018) ? Plus simplement, à quelle vision du monde (et du futur) les valeurs dominantes participent-elles ?

Pour répondre à ces questions, il est possible de puiser dans les représentations de la culture populaire fournies par le cinéma, et d'analyser les valeurs qu'elles véhiculent.

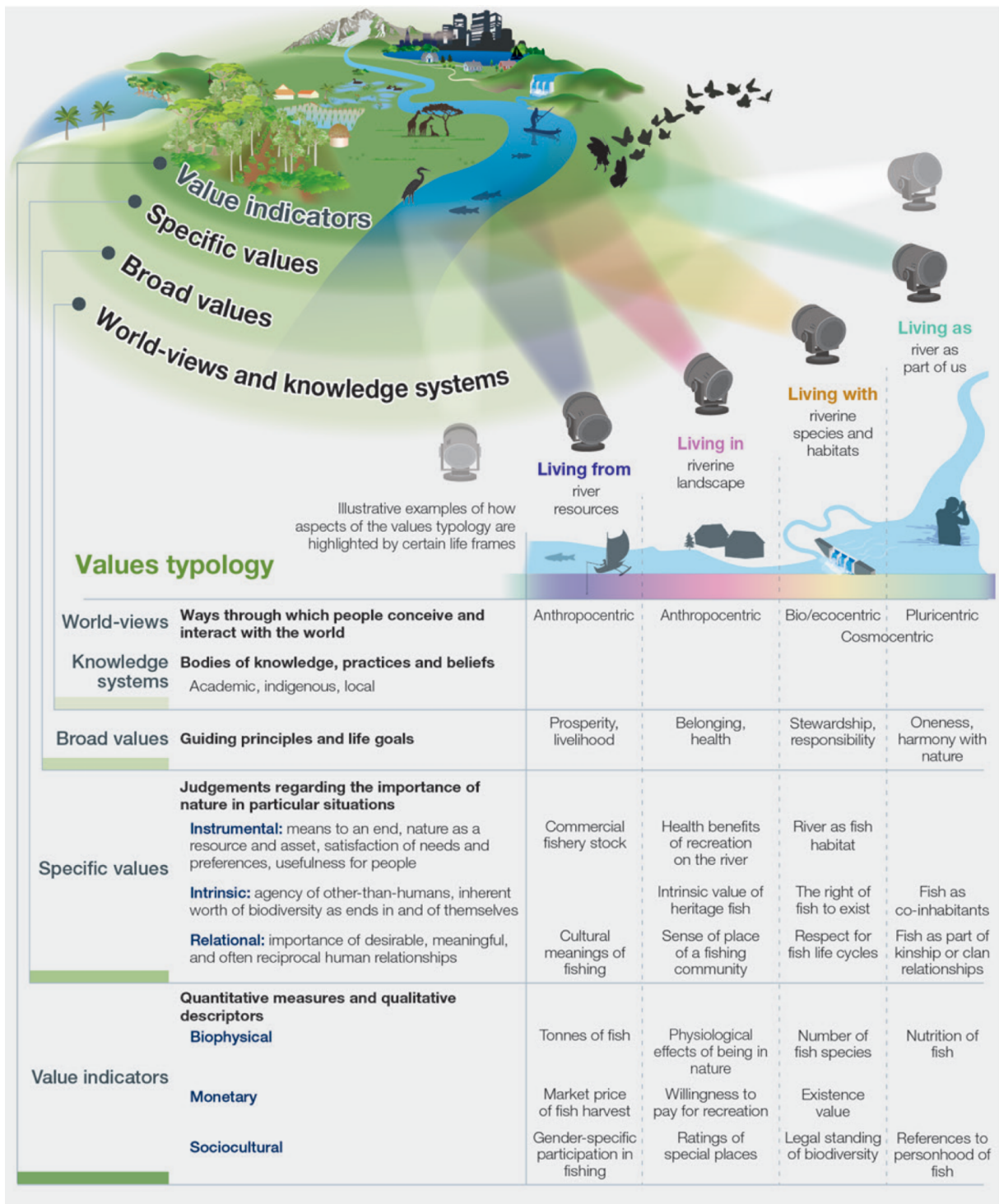


**Figure 2 : Vue d'un champ de maïs difficilement fertile sur Terre dans le film Interstellar (en haut à gauche – Christopher Nolan, 2014) ; Vue d'artiste d'une base spatiale relais vers une exoplanète, recréant des conditions de vie soutenables dans l'espace (bas droite, Christopher Nolan, 2014) ; Submersible dont les principes de conception sont inspirés du vivant, dans Avatar 2 (Haut droite et bas droite – James Cameron, 2022).**

Dans les productions cinématographiques à grand succès et ce qu'elles donnent récemment à voir de la science-fiction (SF), on peut observer un phénomène frappant : **l'absence de représentations vertueuses de la technique dans sa relation au vivant.**

- Une œuvre comme Interstellar est à ce titre paradigmatique. Ce futur possible y raconte un monde où l'agriculture et la (sur)vie sur terre est menacée (probablement par la pollution et le dérèglement climatique), à un point tel que la recherche d'une exo-planète semble être le seul salut.
- Avatar 2 représente un différent monde, différent futur, mais une même recherche d'une « planète B », et cette fois la technique est employée pour inventer des submersibles optimisés en forme de crabe afin d'être plus efficace à la chasse aux baleines locales pour leurs vertus pharmaceutiques commercialisées sur Terre.

Dans ces deux cas, la SF dépeint soit une technique qui permette de cultiver des champs gigantesques puis, de fuir la planète quand ceux-ci sont devenus infertiles. Soit, une technique qui perpétue une relation de prédation envers le vivant, sur une autre planète. Ces deux représentations relèvent donc d'une « vision du monde » où le vivant est perçu comme une « ressource à exploiter », et d'un positionnement de valeurs de type anthropocentré – d'après le diagramme de la *Typologie pour la prise de décision qui prend en compte la nature* diffusée dans le résumé pour les décideurs du rapport de l'IPBES consacré aux valeurs de la nature (IPBES 2022, p19).



**Figure 3 : Diagramme de la p.19 du rapport de l'IPBES (2022). Typologie pour la prise de décision qui prend en compte la nature. Il présente les valeurs qui sous-tendent les comportements envers le vivant, relatives à des « points de vue » sur le monde et à des « systèmes de connaissances » spécifiques à des groupes sociaux selon leur provenance et culture. Ex. Un positionnement « anthropocentré » correspond à voir le vivant – ex. une rivière – comme une « ressource » ou un « paysage » (projecteurs bleu foncé et rose). Un point de vue « Cosmocentré » correspond à la voir comme une co-habitante ou une membre de sa propre famille, induisant donc des comportements différents.**

D'après les expert-es de l'IPBES, il y a quatre stratégies clés à considérer pour faire accélérer la transition écologique. Elles reposent toutes sur l'idée qu'aborder l'enjeu de la 6e extinction de masse et de l'effondrement de la biodiversité sera un levier systémique pour aborder les enjeux climat et sociaux. Tout d'abord, il est important de reconnaître que la nature possède une diversité de valeurs ou services qui ne peuvent être réduites à des considérations économiques. Ensuite, il est crucial de prendre en compte cette diversité de valeurs dans toutes les décisions futures. Ce faisant, cela conduit à la troisième stratégie, qui consiste à réformer les politiques et les institutions pour qu'elles prennent en compte cette réalité. En fin de compte, la quatrième stratégie – celle qui consolide notre hypothèse de travail – consiste à **modifier les normes et des valeurs sociales pour qu'elles soient fondées sur la soutenabilité.**

Or, refondre les normes et les valeurs revient à ramer à contre-courant des dynamiques sociales existantes. En effet, si les imaginaires forment un liant social qui participe à la culture, aux croyances, aux valeurs, ils sont a priori soumis à des phénomènes d'homogénéisation comparables à ceux des normes sociales. C'est-à-dire que certaines représentations génèrent un sentiment d'appartenance et des représentations antagonistes génèrent du rejet. Et, tout comme les normes (référence à Foucault sur la norme dans Mollon, 2019), certaines représentations sont majoritaires – partagées par un plus grand groupe social affiliant ces représentations à leurs valeurs, et participant ainsi à la norme – tandis que des représentations antagonistes généreraient un sentiment de conflit, voire de discrimination (sauf pour des groupes sociaux minoritaires, parfois assignés au conflit par la même occasion). Ces représentations ou imaginaires majoritaires pourront être qualifiées de « dominantes », « d'institué » ou « d'hégémonique » comme décrit par Berthier (2019) dans *l'hégémonie culturelle selon Gramsci*, selon la discipline.

À titre d'exemple, le type de représentations précédentes, tirées de la SF, relève plus largement d'un imaginaire dominant. Celui de la technique en tant qu'outil d'affranchissement des contraintes que l'environnement naturel impose à l'humain. Cet imaginaire spécifique du progrès technique est qualifié de « moderniste », et est aujourd'hui pointé du doigt comme constitutif d'une partie des racines de l'anthropocène (Latour, 2012b). Cet imaginaire est largement répandu dans la SF, de l'affranchissement des contraintes de l'espace-temps via les voyages spatiaux de 2001 l'Odyssée de l'espace (Stanley Kubrik, 1968) ou de Star Wars (George Lucas, 1977), jusqu'à l'extraction de ressources minières spatiales dans Dunne (Denis Villeneuve, 2021). Cet imaginaire est dominant tant il éclipse partiellement d'autres formes de pensées de la relation entre technique et vivants, qui bénéficient d'une moins grande quantité d'occurrences ou de couverture médiatique.

Cela dit, des représentations alternatives à la relation entre technique et vivant se font plus rares, mais existent. Il convient d'en faire la critique tant leur simple existence ne suffit pas à inspirer un changement de valeurs, malgré leur très grand rayonnement médiatique, dans certains cas.



**Figure 4 : Le chat-bus de mon voisin Totoro (Haut gauche – Hayao Miyazaki, 1999) ; les habitats et vêtements en tressage de matière végétale d'Avatar 2 (Haut droit – James Cameron, 2022) ; Un minéral générant l'énergie qui fait planer des massifs rocheux urbanisés dans Le château dans le ciel (Bas gauche – Hayao Miyazaki, 2003), Une guerrière munie d'équipement de combat high-tech (gants) dans une base de contrôle munis de vaisseaux volants, tous alimentés via une énergie propre, dans Black Panther (Bas droit – Ryan Coogler, 2018).**

Dans les 4 références précédentes, la technique et le vivant sont en harmonie, mais :

- Dans Totoro, le « chat-bus » regroupe la fonction de bus et un chat géant, or cet usage de la technique est fantasmagorique.
- Dans Avatar 2, le peuple autochtone développe une civilisation entièrement tournée vers le respect du vivant, mais son niveau de développement technique est pré-industriel.
- Dans Le château dans le ciel et Black Panther, deux civilisations différentes disposent d'une technologie qui dépasse notre stade actuel de développement mais elles reposent sur une énergie dont la source est inconnue.

Ces 4 représentations sont prises pour exemple car, malgré le fait que certaines soient très médiatisées, elles ne semblent pas non plus fructueuses pour inspirer concrètement les personnes à développer leur capacité à penser autrement leur relation au vivant et donc leur futur métier.

Notre troisième hypothèse est la suivante. *Afin de renouveler les imaginaires et d'inspirer une autre relation au vivant, il peut être utile de promouvoir voire d'inventer des représentations alternatives, minoritaires.*

En conclusion, nous constatons un besoin de conduire une recherche académique sur – et d'explorer par la pratique, des méthodes de conception de dispositifs pédagogiques innovants, relatifs à la transition écologique. Notamment, quant aux dispositifs invitant les étudiant-es à dépasser la simple acquisition de « savoirs » (et dépasser la nature démobilisatrice du « wicked problem » de la transition). Pour cela, le dispositif doit inciter à développer **une posture épistémique et donc une**

**conscientisation des valeurs individuelles et collectives qui sous tendent la société et les actions quotidiennes.** Notre hypothèse de conception d'un tel dispositif qui encourage la confrontation avec ces valeurs est d'employer **le design fiction – ou plus largement une forme de simulation ludique – pour inciter à se confronter à des scénarios fictionnels incarnant spécifiquement des imaginaires relevant de valeurs sociales minoritaires** et a priori plus harmonieuse quant à la cohabitation avec le reste du vivant (mais à contre-courant des imaginaires dominants).

**Les questions de recherche** qu'il reste à aborder dans la présente étude sont donc les suivantes :

1. Le dispositif : Est-il vraiment possible de réemployer, voire de créer des représentations incarnant des imaginaires minoritaires spécifiquement identifiés (ici, une posture non-anthropocentrée de la relation entre technique et vivants) ? Si oui, **quelles sont les propriétés de telles représentations** ? Et quelles sont les autres propriétés d'un tel dispositif hors de ces représentations ?
2. L'effet du dispositif : **Quels effets génèrent la confrontation** à des imaginaires et valeurs alternatives, sur les participant-es à un tel module pédagogique ? **Quels apports et limites** d'une telle approche sur la pédagogie de la transition écologique, notamment relative aux enjeux de biodiversité ?

Pour répondre à ces questions, une expérimentation de recherche action (Kurt Lewin, 1946) a été développée dans une approche interdisciplinaire à la croisée des sciences de l'éducation, des sciences cognitives et des sciences du design. Plus spécifiquement ancrée dans l'épistémologie de la recherche projet (Findeli et al., 2008), cette expérimentation profite du contexte d'une commande réelle<sup>3</sup> décrite en détail en section suivante.

## 2. Expérimentation

### LA DEMANDE : UN MODULE HYBRIDE POUR RÉPONDRE À LA MOBILISATION DE 2000 ÉTUDIANT·ES

La mission Transition écologique de la direction de l'enseignement de l'Institut Mines-Télécom (IMT) a créé depuis 2021 une rencontre annuelle commune aux écoles du groupe afin d'ouvrir ses élèves à de nouveaux modèles désirables de la transition écologique. Cette rencontre, appelée Forum de la transition écologique, permet de valoriser, légitimer et diffuser des initiatives d'enseignements ouvrant à de nouveaux modèles de société.

En 2021, l'IMT a abordé le principe de sobriété dans le numérique et a mis en valeur de nouveaux modèles d'entreprises du numérique (Abideen, 2022). En 2022, c'est la question plus frontale du rôle et de la responsabilité sociétale de l'ingénieur en faisant des éclairages sur des concepts divers allant de l'ingénieur-citoyen jusqu'au modèle économique de la décroissance et en passant par les low-tech (Da Costa, 2022). En 2023, l'IMT a souhaité mettre le projecteur sur les enjeux de la biodiversité, et par extension de la relation de l'ingénieur au vivant, question tout simplement inexistante dans les programmes d'école d'ingénieur. Le but était de pouvoir questionner nos manières actuelles implicites d'être au monde, et d'inventer d'autres rapports au vivant dans un exercice attisant curiosité et nouvelles pistes épistémiques pour incarner le métier auquel ils se destinent: ingénieur.

C'est dans le cadre de cette commande de l'institut Mines-Télécom que nous avons pu construire puis expérimenter le 19 janvier 2023 un format original de conférence performée suivie d'un atelier créatif. Le module a été pensé comme un cours en ligne hybride et flexible, permettant de répondre au besoin

---

<sup>3</sup> Prestation menée par le Laboratoire des déviations écologiques (Max Mollon) et Anne Monnier, avec Antoine Fricard et l'équipe de l'Institut Mines Télécom listée en fin d'article, section Remerciements.

de dérouler simultanément un module non obligatoire de cours d'introduction de 4h sur les enjeux de la biodiversité et du vivant pour 2000 étudiant·es répartis dans 14 campus sur toute la France, allant de 20 à 300 participant·es par amphithéâtre. Nous avons conçu ce module pour qu'il soit reproductible sur les prochaines années dans chaque campus en désynchronisé, et appropriable par des enseignants qui souhaiteraient le jouer en autonomie dans leurs classes. Nous l'avons conçu pour qu'il soit transférable à d'autres écoles d'ingénieur en dehors du groupe, et plus largement pour que la démarche soit transférable à d'autres contextes.

### **PROCESSUS DE CONCEPTION : CO-CRÉER UNE « EXPÉRIENCE » PÉDAGOGIQUE**

La construction des étapes du module s'est faite en plusieurs temps.

D'abord dans une phase de montée en compétence des concepteurs et de la bibliographie sur les enjeux de la biodiversité et du vivant, la première étape a consisté en l'identification de personnes compétentes dans le domaine de la biodiversité et du vivant, venant de disciplines différentes, conscientes des enjeux de l'éducation et avec une connaissance du métier d'ingénieur. Cinq scientifiques ont été retenus et ont accepté de se prêter à l'exercice de participer à une conférence performée : Luc Abbadie, entre autres casquettes, est professeur émérite à la sorbonne et a porté des travaux sur l'ingénierie écologique, également co-rapporteur avec le climatologue Jean Jouzel du groupe de travail qui a réfléchi durant deux ans à la transformation des formations dans l'enseignement supérieur (*Sensibiliser Et Former Aux Enjeux De La Transition Écologique Dans L'Enseignement Supérieur*, n.d.); Hélène Soubelet, docteur vétérinaire aujourd'hui directrice de la Fondation pour la recherche sur la biodiversité (autrice de la synthèse de l'article de Waeber et al., (2021)); Kalina Raskin, ingénieure physico-chimiste et docteure en neurosciences, elle est la co-fondatrice de Ceebios, devenue une figure de proue française du biomimétisme; Olivier Hamant, biologiste impliqué dans l'école de l'anthropocène de Lyon, concepteur de la troisième voie du vivant (Hamant, O (2022)); et José Halloy, physicien au laboratoire interdisciplinaire des énergies de demain, intervenant régulier auprès des étudiant·es ingénieur·es sur les réflexions autour des technologies zombies et des technologies vivantes (Halloy, 2021).

En parallèle de cette première phase, les concepteurs ont fait appel de manière itérative au réseau des enseignants impliqués dans l'enseignement de la transition à l'IMT et en particulier ceux mobilisés pour l'animation in situ de ce module le jour du Forum 2023. Ils ont permis de baliser les potentiels écueils logistiques et motivationnels de leurs élèves, présentant des profils et des intérêts hétérogènes aux niveaux intra comme inter-promotions. Ils ont également contribué à la formulation d'objectifs pédagogiques réalistes, et partagé leurs intuitions issues de leur expérience sur le terrain pour co-construire cette expérimentation unique en son genre.

Dans une deuxième phase dédiée à un sprint de création, les auteurs se sont appuyés sur les théories du design-fiction et de l'éducation à l'environnement décrites en introduction. Une attention particulière a été donnée à l'utilisation de l'alignement pédagogique et d'innovation pédagogique. Cela a permis d'insérer tout au long des 4h du module des formes pédagogiques participatives, des méthodes d'évaluation continue, des objectifs d'apprentissage du second ordre pour engager le niveau réflexif, l'incitation à l'expression créative, et enfin, la diffusion de rétro feedback en temps réel et la synchronisation entre campus pour faire vivre une expérience stimulante auprès des élèves.

Le découpage en sous-étapes des 4h de module a permis de rythmer un événement dense dans ses contenus et dans ses objectifs en délivrant au fur et à mesure des ingrédients pédagogiques prometteurs pour la création de futurs alternatifs. La pierre angulaire finalement proposée dans ce module repose sur 4 cartes d'inspiration d'archétypes de l'ingénieur du XXI<sup>e</sup> siècle créées à partir,

d'une part, des travaux et messages clés des 5 scientifiques sélectionnés, et d'autres part d'imaginaires alternatifs tirés de références populaires.

## **MÉTHODE D'ANALYSE DES RÉSULTATS**

La méthode d'analyse se focalise sur deux parties de l'expérimentation.

D'une part, il nous faut observer la réaction des participants au dispositif pédagogique proposé, non pas pour évaluer son impact strict, ce qui pourrait être conduit dans une prochaine recherche, mais en amont, pour évaluer la pertinence même de notre question de recherche, et de notre hypothèse d'y répondre via une approche de design fiction. Pour cela, nous analysons quantitativement les sondages des élèves et qualitativement leurs productions de scénarios futuristes basés sur le nouveau socle de valeurs proposé dans l'exercice et impliquant un nouveau rapport au vivant.

Nous tâcherons de regarder les effets qu'on eût nos choix de conception:

- Est-ce que l'immersion dans la fiction a fonctionné ?
- Comment cela a affecté les résultats des sondages en ligne ?
- Les participant-es se sont-ils prêtés au jeu de la rédaction de nouveaux récits ?
- Leurs productions se sont-elles inscrites dans le nouveau système de valeurs proposé impliquant un autre rapport au vivant?

D'autre part, la présente recherche étant méthodologique, il est crucial d'analyser les choix qui ont mené à la création de l'expérience pédagogique présentée ici, ainsi que ses propriétés formelles finales (en particulier, celles des cartes d'inspiration, centrales dans le kit d'animation d'atelier). Pour cela, nous empruntons à l'observation participante (Lindeman, 1936), et disposons des captures d'images de chaque étape de conception, des synthèses des échanges entre membres de l'équipe, à comparer systématiquement avec le résultat formel des 4 cartes du kit final d'animation de l'atelier.

## **3. Résultats**

### **3.1 Un module proposant une prise de recul sur les valeurs de l'ingénieur du XXème siècle**

#### **CONTENU CRÉÉ**

L'issue de ce processus de création a donné un contenu pédagogique structuré en 5 messages clés autour de l'ingénieur et le vivant diffusé durant les 2h de la conférence. Les 5 messages sont les suivants :

1. La pérennité de la biodiversité est un pilier vital pour la survie de l'espèce humaine (IPBES, 2022);
2. La régénération de la biodiversité constitue le point d'entrée de résolution de la crise climatique en cours et à venir, et non l'inverse (IPBES, 2019);
3. La façon de concevoir la technique peut être largement plus inspirée et en faveur du vivant, qui comporte en lui-même un cahier des charges de soutenabilité forte (Halloy, 2021 et Benyus, 1997);
4. En application directe du cahier des charges du vivant, il y a la nécessité de reconceptualiser la notion de performance en remettant au cœur des systèmes humains la notion de lenteur, de

diversité et de redondance, ingrédients de la robustesse, elle-même clé de résilience (Hamant, 2022);

- Le rôle de l'ingénieur doit passer de l'ignorance sur ce sujet à la posture d'architecte de ces nouveaux systèmes vivants (Synthèse de l'article de Waeber et al. (2021) par Hélène Soubelet).

Ces messages clés ont constitué le squelette de présentation de la conférence performée, et ont été utilisés comme base scientifique pour créer deux contenus majeurs explicites de l'atelier : la mutation des comportements de l'ingénieur (Figure 5), et leur représentation dans 4 nouveaux archétypes d'ingénieurs du XXIème siècle (Figure 6).

<b>Proposition de mutations de comportement d'un ingénieur :</b>	
<p><b>Au XXème :</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Design pour la majorité</li> <li>Réduit les impacts négatifs</li> <li>Résout un équilibre mécanique</li> <li>Vise la performance et l'efficacité</li> <li>Est en compétition</li> <li>Optimise le critère économique</li> <li>Automatise des processus</li> </ol>	<p><b>Au XXIème :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Sert la diversité</li> <li>→ Contribue aux impacts positifs</li> <li>→ Modélise une dynamique complexe</li> <li>→ Vise la robustesse et la circularité</li> <li>→ Incarne la coopération</li> <li>→ Oeuvre dans l'interdisciplinarité</li> <li>→ S'adapte au contexte</li> </ul>

**Figure 5 : Explication d'une translation de comportements concrets de l'ingénieur du XXe au XXIe siècle vers une base de comportements issus du cahier des charges du vivant.**

ARCHÉTYPE #1 <b>LE LA DIPLOMATE</b>	ARCHÉTYPE #2 <b>L'ÉCOLOGUE</b>	ARCHÉTYPE #3 <b>LE LA MOLÉCULAIRE</b>	ARCHÉTYPE #4 <b>LE LA FRUGALE</b>
 <p>Cette personne voit l'infiniment petit, les réseaux d'internet sous-terrain du mycelium, parle le langage du vivant, est infusée par la biologie, et maîtrise aussi la technologie humaine.</p> <p><b>Passeuse entre les mondes, elle peut mettre en dialogue des entités et systèmes différents.</b> Elle s'inspire du reste du vivant et le considère comme son frère. Elle s'oppose à l'esclavagisme animal et végétal. Également alliée des humains, elle excelle au management de groupes.</p> <p>—</p> <p><b>Contrepartie :</b> Très subtile, doit négocier des intérêts divergeants</p> <p>—</p> <p><b>Inspiration :</b> Nausicaa (par Miyazaki)</p>	 <p>Cette personne peut construire des écosystèmes entiers. Elle a une maîtrise tellement fine des dynamiques et contre-dynamiques du vivant qu'elle sait où appuyer, comme pour l'acupuncture, afin que le système naturel s'équilibre et s'organise. Elle est virtuose de la régénération des écosystèmes déséquilibrés et comprend et peut influencer leur complexité .</p> <p>—</p> <p><b>Contrepartie :</b> Très complexe, nécessite des grandes équipes d'experts de chaque domaines</p> <p>—</p> <p><b>Inspiration :</b> Reconstruction totale d'une seconde planète Terre (Dans H2G2 le film)</p>	 <p>Cette personne sollicite le vivant pour faire pousser se dont elle a besoin. <b>Elle joue avec les éléments sans les maîtriser</b>, ouvert à l'imprévisible et dans un échange équilibré qui répond aux besoins du milieu. —</p> <p><b>Contrepartie :</b> Très lent, 20 ans pour faire pousser un arbre ou une "forêt" de chaises.</p> <p>—</p> <p><b>Inspiration :</b> Yamato est un personnage qui peut faire pousser des mobiliers en bois (Dans Naruto de Masashi Kishimoto)</p> <p>—</p> <p><b>Ex. contemporain :</b> David Henon designer, ou le Lab. "Matters of activity" à Berlin font "pousser" des matériaux / objets (calcaire, pierre, corail...)</p>	 <p>Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme. Cette personne touche-à-tout a gagné le Prix Nobel en inventant une manière de réemployer les composants informatiques sans les refondre, afin d'éviter le cout énergétique du recyclage. Tout les autres matériaux ont suivi, papier, bois, métaux, liquides... <b>rien ne se perd, tout se répare.</b></p> <p>—</p> <p><b>Contrepartie :</b> Quasiment plus aucune fabrication à neuf</p> <p>—</p> <p><b>Inspiration :</b> Géo Trouvetout (Dans Picsou)</p> <p>—</p> <p><b>Ex. contemporain :</b> Cherchez "Jugaad", c'est le design frugal indien, l'art de "faire plus avec moins".</p>

**Figure 6 : Les cartes d'inspiration de l'atelier présentant les 4 archétypes de l'ingénieur·e architecte du XXIe siècle, basés sur un nouveau rapport au vivant.**

Ces 4 cartes d'inspiration incarnent des valeurs sociales et des relations au concept revisité de « technique-vivant », relations proposées alternatives aux postures destructrices du vivant de l'anthropocène. Ces nouvelles postures sont ici nommées « Archétypes » et chacune incarne un concept structurant pour penser l'ingénierie du XXI<sup>e</sup> siècle. Trois concepts sont tirés des présentations données aux élèves (présents dans les Archétypes #2, #3, #4). Deux autres concepts sont tirés de notre étude de la littérature (présents dans les Archétypes #1 et #4).

- L'Archétype #1 incarne le concept du « diplomate » d'Isabelle Stengers et de Bruno Latour, vulgarisé par Baptiste Morizot. Certaines pistes de réflexions contemporaines sur les interactions entre humains et autres vivants sont juridiques (donner des droits aux cours d'eau – Kakpo (2021)), ou économiques (comptabilité triple – Elkington (2018)).
- ). Ces approches induisent une compréhension des communications et des intérêts des non-humains, que la présente posture tente d'outiller.
- L'Archétype #2 incarne une ingénierie qui pousse le concept de « biomimétisme » – et la connaissance du vivant qu'elle nécessite – à un point tel, que le matériau de travail de cette ingénierie est la complexité même des écosystèmes.
- L'Archétype #3 prolonge le concept de biomimétisme présenté par Kalina Raskin lors de la conférence aux élèves, et y ajoute ceux des autres conférenciers, José Halloy sur les « *technologies vivantes* » s'opposant aux « *technologies zombies* » vouées à la pénurie de ressources, et Olivier Hamant sur la « robustesse » (versatilité, adaptabilité, redondance) en opposition à « l'efficacité » (spécialisation, rapidité, optimisation). Cette posture s'inspire de travaux émergents en ingénierie de la matière (voir [matters-of-activity.de/](https://matters-of-activity.de/)).
- L'Archétype #4 tente de lutter contre les « *technologies zombies* » par le prisme de la maintenance (Denis & Pontille, 2022) et s'appuie sur les travaux de l'association le Shift Project qui soutient le développement de la « réparation » parmi les savoirs de l'ingénierie du XXI<sup>e</sup> siècle (The Shift Project, 2023).

Ces 4 figures de l'ingénieur-e sont conçues comme 4 archétypes fictionnels inspirés de la culture populaire et de concepts intellectuels présentés aux étudiant-es par les intervenant-es, en amont de l'atelier.

### **DÉROULÉ PÉDAGOGIQUE LIVRÉ, BASÉ SUR DEUX MISSIONS**

L'expérience pédagogique livrée s'articule autour d'une phase plénière de 2h de table ronde et d'une phase atelier de 2h.

La première phase prend la forme d'une « conférence performée », une émission audiovisuelle diffusée en direct en multiplex dans 14 campus des écoles du groupe IMT et de ses écoles partenaires, entrecoupée d'interactions avec les étudiant-es sous forme de sondages en ligne accessibles directement depuis leurs smartphones. L'événement se déroule au sein d'un « cadre narratif » suivant - comme une sorte de jeu de rôle, que tous les membres de l'événement prétendent réel:

*« L'animateur de l'émission aurait hacké le flux vidéo du Forum de l'IMT – en complicité avec l'organisation – afin de diffuser son signal depuis un futur possible, en 2043, où la transition amorçe tout juste un réjouissant succès. Cependant la transition aurait pu arriver 15 ans plus tôt et éviter certaines conséquences, notamment sur le vivant. L'animateur interviewe donc cinq experts du vivant, eux-même encore en vie en 2043, et anime un atelier avec le public étudiant dans le but explicite de « faire dévier le présent plus vite, d'accélérer la transition en cherchant une réponse à la question : quel ingrédient mystérieux a permis de déclencher le changement ? Et, peut-on le mobiliser aujourd'hui ? ».*

L'atelier est donc présenté comme une hypothèse de réponse à cette question : et si le rapport au vivant de la société et en particulier des ingénieurs étaient cet ingrédient ? Pourrions-nous alors nous inspirer d'imaginaires alternatifs incarnant d'autres valeurs sociales liant l'ingénierie et le vivant, afin de nourrir notre capacité à imaginer d'autres futurs ?

La seconde phase de l'expérience pédagogique, l'atelier participatif, dispose d'un kit d'animation basé sur les 4 cartes d'inspiration, employées pour revisiter une technologie contemporaine problématique, puis ré-écrire un article de presse datant des années 2043 la décrivant :

- La première étape propose de choisir un article qui les intéresse le plus parmi cinq articles sélectionnés s'approchant des problématiques en lien avec les spécificités des écoles d'ingénieur du groupe IMT, et vise à diagnostiquer les problématiques de la technologie en question : impacts matériels du métavers, extraction du Lithium, rejets du nucléaire dans les cours d'eau, utilisation de la Chlordécone en agriculture et export des déchets occidentaux.
- La seconde étape propose d'imaginer un futur alternatif, où cette technologie a été transformée, en choisissant l'un des 4 Archétypes qui leur correspond le mieux, et de ré-écrire l'histoire de l'article initial situé dans un contexte de transition écologique en 2043 reposant sur les nouvelles valeurs de l'ingénierie, de manière concrète bien que fictionnelle.

#### **KIT PÉDAGOGIQUE LIVRÉ, OUVERT À RÉUTILISATION**

Le kit pédagogique placé sous licence Creative Commons peut être repris et adapté par n'importe quel enseignant-e désireux de tester la démarche. Il est partagé en annexe 3.

### **3.2 Des étudiant·s se prêtant à la déviation des imaginaires**

#### **RÉSULTATS QUANTITATIFS DES TAUX DE PARTICIPATION**

Sur les 1909 élèves initialement mobilisés par leurs directions de formation - *l'événement était inscrit dans leurs agendas, mais non obligatoire et non noté*, 1455 soit 76% d'entre eux se sont effectivement présentés en amphithéâtre pour participer de manière volontaire au Forum le 19 janvier 2023.

Un détail de la répartition des élèves (écoles, niveau de formation, genre) ainsi que les résultats de leurs réponses au quizz préliminaire sont décrits en Annexe 2, mais ne fait pas l'objet de notre analyse principale dans cet article.

Nous souhaitons souligner le chiffre principal qui nous intéresse dans cette analyse : 232 productions de récits imaginaires réalisés en équipe de 2 participants ont directement été remplis en ligne sur la plateforme d'interaction, soit 464 participant-es, soit 32% des participant-es se sont engagé-es mentalement jusqu'au bout de cet exercice traitant d'un sujet nouveau qui est peu de leur intérêt premier (le vivant) dans un exercice non obligatoire et non noté. Les tailles de productions ont oscillé entre un et cinq paragraphes environ.

## RÉSULTATS QUALITATIFS DE LA PRODUCTION DES RÉCITS IMAGINAIRES

Une première analyse a permis de vérifier que les consignes de base avaient été bien respectées : toutes les productions se sont inscrites en 2043 dans un scénario futuriste.

Les étudiant-es (15% des productions) qui ont réussi à formuler un récit fictionnel décrivant une ingénierie qui entretient une forme de relation au vivant qui reflète l'harmonie et le respect, voire une interaction vertueuse pour les différentes parties dénotaient des autres récits. **Ils ont fait preuve d'invention et de projection dans une autre trajectoire de futur** que celle décrite par le scénario tendanciel de prospective formulé par les experts du climat et de la biodiversité.

Une analyse qualitative plus détaillée de ces 262 scénarios fera l'objet d'une publication plus poussée basée sur plusieurs critères : le niveau de mutation du système de valeurs, le type de liens entretenus avec le vivant dans le récit, la projection du récit sur les nouvelles ingénieries (de la permanence, de la reconversion), le niveau de créativité.

## 4. Analyse

Sur quoi repose le résultat précédent ? Pour le comprendre, l'analyse suivante compare les 4 archétypes du kit d'animation d'atelier via le format du « portfolio annoté » (Gaver & Bowers, 2012). C'est l'un des formats de restitution des choix de conception qui permettent d'extraire la « connaissance intermédiaire » qui se situe entre la connaissance explicite théorie pure exprimée au format textuel, et la connaissance tacite incarnée dans un artefact de conception (Löwgren, 2013).

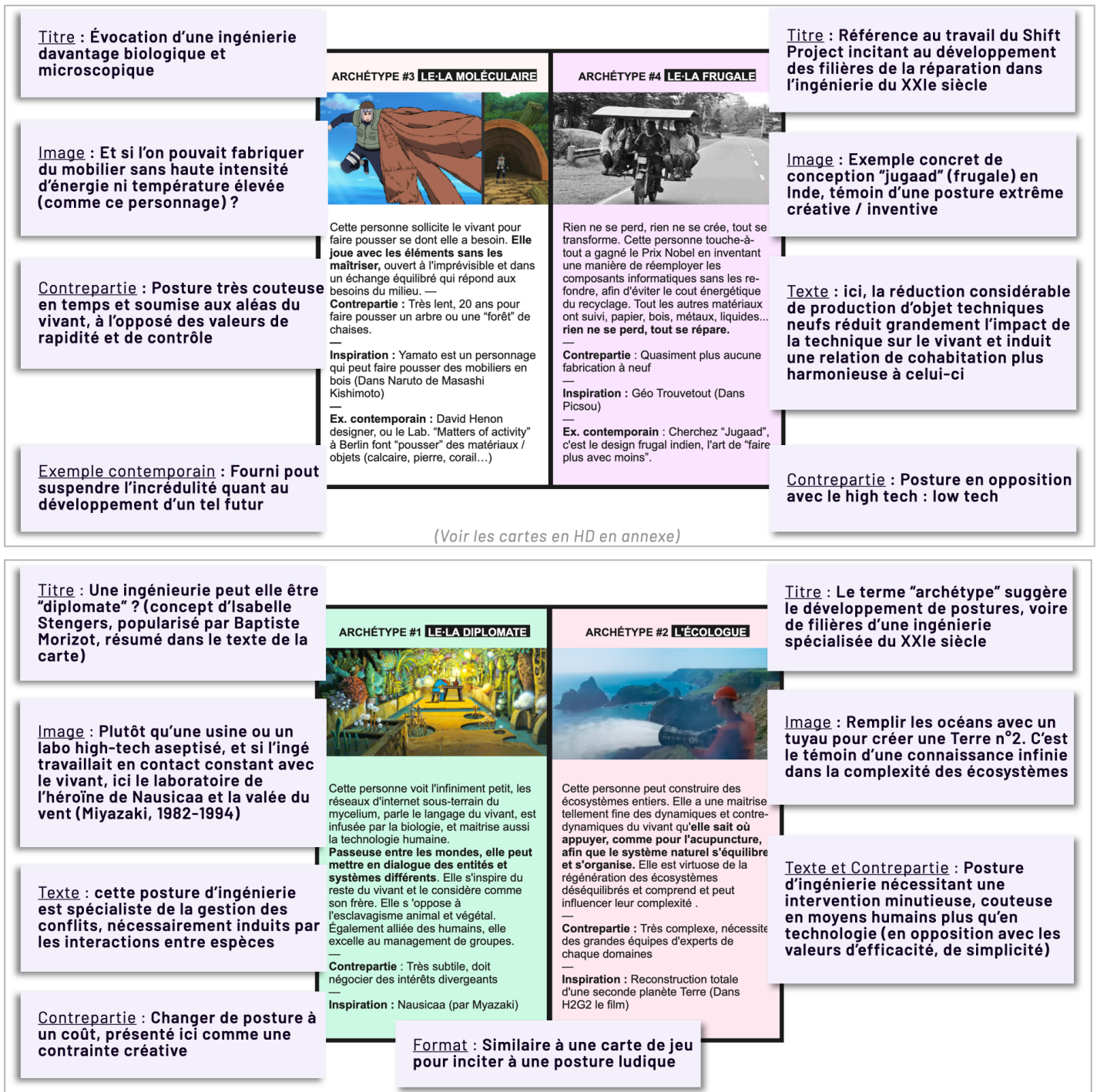


Figure 7 : Portfolio annoté décryptant les choix de conception réalisés sur les cartes d'inspiration.

Deux observations sont rendues possibles par la comparaison des 4 cartes de notre corpus.

Premièrement, chaque carte témoigne d'une posture d'ingénierie qui reflète une interaction riche avec le vivant, des valeurs sociales prédominantes, fusionnant dans un point de vue sur le monde qui contraste avec les valeurs de l'ingénieur du XXe siècle présentées précédemment. En l'occurrence, une partie des références de SF évoquées précédemment étaient l'incarnation de postures destructives

pour le vivant, alors que les 4 cartes conçues pour l'occasion offrent des « capacités » et imposent des « contraintes » qui témoignent d'interactions vertueuses envers les écosystèmes vivants. Il est donc possible de concevoir des représentations qui témoignent d'un imaginaire alternatif, une fois un visuel adossé à des éléments contextuels (ici un titre et du texte, sur une carte). On voit également avec l'Archétype 4 qu'un « imaginaire » alternatif n'est pas limité au champ de la « fiction », et se comprend mieux comme une « représentation » non-conventionnelle, non-instituée, ou non-dominante.

Deuxièmement, en contraste avec la seconde partie des références SF évoquées en introduction – où la technique se développe en harmonie avec le vivant de manière irréalistes (fantasmagoriques, pré-industrielles, ou reposant sur des minerais inconnus) – nos 4 cartes disposent d'éléments qui leur confèrent une forme de crédibilité. Cela repose sur deux types d'éléments : des contreparties parfois imposantes qui montrent que la technique n'est pas signe de pleine puissance (Archétype #1 et #2) et des références à l'existant qui font office de « preuve de concept » (Archétype #3 et #4).

Autrement dit, comparer les 4 items du corpus précédent met en valeur que les choix de conception quant aux éléments qui les composent tentent **d'incarner des imaginaires qui soient autant « alternatifs » que « crédibles »**.

## 5. Discussion

En introduction de cette étude, nous avons formulé deux questions de recherches orientées vers la méthodologie de conception de dispositifs pédagogiques innovants, quant aux propriétés du dispositif lui-même ; puis à ses effets. Pour y répondre, nos résultats sont à présent à mettre en regard avec notre cadre théorique initial.

### UN DISPOSITIF LUDIQUE, IMMERSIF, OPTIMISTE, ET CRÉDIBLE, PRENANT LES IMAGINAIRES COMME MÉDIUM

Tout d'abord, il faut revenir sur les choix de conceptions relatifs au dispositif pédagogique quant à la phase de transmission de connaissances précédent l'atelier. En introduction nous avons identifié le besoin de dépasser l'étape du « savoir » du cycle du modèle transthéorique du changement (acquérir les connaissances sur un enjeu de transition), pour atteindre un questionnement sur le « vouloir » (positionner ses opinions et valeurs). L'une des hypothèses initiales pour y parvenir était d'entraîner la littératie des futurs des participants et participantes pour faciliter leur confrontation aux conséquences du changement, tout en dépassant l'effet de choc démobilisateur d'acquérir certaines informations.

En réponse, les choix de conception du module pédagogique les plus significatifs s'illustrent dans la forme de la conférence performée suggérant une diffusion vidéo en live connectant 2023 à 2043. Ses propriétés principales sont :

- Une forme de jeu de rôle ou **d'immersion** dans un cadre fictionnel, offrant une simulation légère basée sur ce que nous appelons une « hypothèse de changement » (un « et si... ») proche de l'expérience de pensée en philosophie et dans notre cas, « et si la transition était un franc succès ? » ;
- Une approche **ludique**, dans le jeu de rôle mais, également entretenue par le choix formel des « cartes » d'inspiration, empruntant au registre du jeu ;
- **L'optimisme**, voire l'utopie, proposé par l'hypothèse de changement précédente, incitant à ouvrir un spectre des possibles principalement tourné hors des futurs dystopiques (souvent habituels dans la SF).

Puis, l'analyse des choix de conception du support d'animation d'atelier, spécifiquement les cartes inspiration, permet de répondre à nos premières questions de recherche. L'enjeu était ici de *tenter de*

créer des représentations incarnant des imaginaires minoritaires spécifiquement identifiés (ici, une posture non-anthropocentrée de la relation entre technique et vivants). En réponse, trois des quatre cartes proposées traduisent bien des valeurs non-anthropocentrées, et pluri-centrées, invitant à prendre en compte le reste du vivant dans l'exercice d'imagination d'un futur désirable. En termes de propriétés notables, le travail de conception a reposé sur :

- l'emploi de visuels tirés de la **culture populaire**, relatifs à des imaginaires alternatifs (minoritaires et donc, potentiellement propices au rejet si considérées sérieusement) ;
- leur **re-contextualisation au moyen d'annotations textuelles** donnant à chaque carte une aspect **crédible**, reposant sur des contraintes créatives (ex. contreparties au « pouvoir » d'une carte) et des références à l'existant (sorte de preuve de concept).

Se faisant, ces cartes démontrent une certaine efficacité dans leur capacité à incarner des imaginaires.

Sur le plan théorique, le design fiction est parfois moins rapproché de la « science fiction » que d'une forme de « sociale fiction » (Dunne & Raby, 2001) ou que d'un travail « d'inflexion de normes » (« *norm-bending* » – Montgomery & Woebken (2016)). Cette pratique est également rattachée à celles de la construction de mondes (« *world-building* » – Wolf (2014)) consistant à imaginer tout un monde avec ses contraintes socio-techniques, ses jeux de pouvoirs, ses infrastructures, et ici, ses relations au vivant. À cet égard, l'exercice du design fiction – celui d'être invité à imaginer un artefact et des usages concrets – est un moyen fort de faire le lien entre la dimension abstraite et implicite des normes et valeurs, et celle pragmatiste des situations du quotidien. **Nous soutenons ainsi que les imaginaires ont le potentiel d'être un médium de travail à part entière, à disposition des concepteurs et conceptrices**, offrant une prise sur le levier implicite et difficile d'accès que sont les valeurs. De plus, cette approche arrive à développer la littératie des futurs ciblée – même temporairement – **vers des récits spécifiquement alternatifs**.

Afin de développer le champ de recherche ouvert par cet argument, il serait utile d'explorer dans quelle mesure la perception – par les personnes participantes – de la nature « alternative » des imaginaires convoqués par les cartes d'inspirations ne fonctionne pas spécifiquement en contraste avec la présentation des imaginaires dominants (évoqués brièvement en plénière, en amont de l'atelier). Ce faisant, une amélioration notable au dispositif – proposée aux personnes désireuses de tester le dispositif – serait d'employer le diagramme des Typologies de valeurs proposées par l'IPBES comme support à une discussion ultérieure à l'atelier.

#### **UNE FORME D'ETHNOMÉTHODOLOGIE QUI REDONNE PRISE SUR LES VALEURS SOCIALES AFIN D'OUVRIR L'HYPOTHÈSE DU CHANGEMENT À LA DISCUSSION**

Le second élément à mettre en discussion dans cette expérimentation est une question d'engagement. Pas une question de quantité, mais de qualité d'engagement.

En terme de quantité, engager 32% des étudiant-es jusqu'à la toute fin (464/1455 initiales) – alors que la participation à ce module pédagogique était optionnelle et conduit en visioconférence (streaming vidéo en multiplex), durant 4h, avec une pause à mi-parcours – est déjà en soi une performance notable. Cela repose probablement sur les choix de conception précédemment évoqués (notamment l'optimisme et le ludique de la démarche).

En termes de qualité d'engagement, deux remarques sont à formuler.

Premièrement, une majorité d'étudiant-es sont arrivé-es à se projeter dans un futur possible et donc, à cultiver leur littératie des futurs. Plus spécifiquement, une minorité (15% des 464 personnes restées

jusqu'au bout des 4h) est arrivée à se projeter dans un futur caractérisé par une autre relation au vivant, démontrant que le dispositif fonctionne, même partiellement, ce qui est un résultat notable. On peut déjà conclure qu'un des effets de l'emploi d'une activité créative mobilisant le design fiction (invitant des personnes à créer des artefacts tirés de futurs possibles, ainsi que les récits qui les portent), est de développer avec succès la littératie des futurs. Mais pour autant, dans quelle mesure cela a-t-il permis aux étudiant-es de se confronter au changement (et à ses conséquences) ? C'est le sujet de notre prochain et principal point.

Deuxièmement, 48% des livrables fournis par les étudiant-es témoignent à minima d'une adoption des valeurs sociales portées par les 4 cartes d'inspiration, même si une persistance dans le point de vue anthropocentré et dans les valeurs associées (techno-solutionnisme) se fait autant ressentir dans les discours que l'absence de lien nouveau avec le vivant.

Ce delta entre les niveaux de transformation des valeurs parmi les 464 participantes serait à interroger. Est-ce que les consignes de l'exercice n'étaient pas clairement comprises ? Le succès d'un nombre significatif des participant-es à les suivre invalide cette interprétation. Est-ce que cette non-projection dans des futurs aux valeurs non-anthropocentrées témoigne d'un rejet de la consigne ? L'exercice et le module n'étant pas obligatoire et anonyme, il est probable qu'une telle situation aurait conduit les personnes à simplement ne pas faire l'atelier. À l'inverse, une forme de rejet est en effet observable dans le contenu même du livrable (les textes rédigés par les étudiant-es), exprimant parfois un sarcasme remarquable. En cohérence avec le cadre théorique de notre introduction sur le rejet des valeurs minoritaires, nous avançons ici que la majorité des rédactions anthropocentrées témoignent non pas d'un rejet de la consigne, mais d'un **conflit avec les valeurs non-anthropocentrées portées par les cartes d'inspiration**, un désaccord trop grand envers elles pour se « prêter au jeu », voire d'un prétexte pour **tout de même exprimer les valeurs de la norme au travers d'une fiction spéculative qui reste anthropocentrée**. Il nous semble donc plus pertinent d'interpréter ce conflit hypothétique, autant que l'adoption comme deux postures possibles – parmi les personnes engagées jusqu'au bout de l'exercice – traduisant un fort niveau d'engagement dans le dispositif.

Sur le plan théorique, quel mécanisme se joue au moment de ce conflit de valeurs ? L'un des champs dédié à développer des méthodes permettant d'étudier les normes et valeurs est l'ethnométhodologie. L'une de ces méthodes est nommée l'expérimentation de crise (« *breaching experiment* » – Garfinkel (1967)) et consiste à révéler et étudier les valeurs implicites en les enfreignant. Par exemple, rédiger cet article académique au féminin selon la règle grammaticale *le féminin l'emporte sur le masculin* aurait toutes les chances de commettre – auprès de « la lectrice » – une infraction des normes sociales implicites et prises pour acquies, en faisant l'expérience de sa rupture. Dans le cas de notre expérimentation, l'expérience vécue par les « participantes » au dispositif pédagogique y est comparable, dans sa capacité à les confronter à un système de valeurs étranger (ici, un type de relation au vivant non-anthropocentré).

Se faisant, nous soutenons que la vertu principale de ce dispositif – empruntant aux expérimentations de crise – est de **fournir un intermédiaire, une interface pour mettre les valeurs sociales à distance, à portée de réflexion critique**. Cette proposition offre une contribution potentielle, à développer dans de prochains travaux : le type d'approches du design fiction spécifiquement développé pour ce projet sont susceptibles de pouvoir rejoindre le corpus d'outils du champ de l'ethnométhodologie (voire de la techno-méthodologie), renouvelant ces méthodes par le biais du design.

L'approche développée ici rencontre des limitations dans le contexte d'une participation massive et non-obligatoire sur 4h de multiplex. Toutefois, une fois développé dans le cadre d'un cours en

présentiel, une autre contribution concrète à la pédagogie de la transition s'ouvre ici aux pédagogues désirant l'expérimenter. Le dispositif **fournit un support au débat quant aux systèmes de valeurs qui influencent la relation qu'entretient la technique avec le vivant, et surtout quant aux conflits possibles entre membres de la classe concernant les valeurs à défendre.**

En effet, le dispositif pédagogique de l'atelier incite à la réflexion critique, mais il permet aussi la délibération collective sur une dimension de la vie en groupe qui est implicite et difficile d'accès (les valeurs). Ce faisant, il participe à la construction d'espaces démocratiques de mise en discussion des désaccords quant aux règles du vivre ensemble. Il contribue – dans un contexte pédagogique bienveillant – à l'émergence de ce que la philosophe politique Chantal Mouffe (2014) appelle des espaces agonistiques (*Agon*, adversaire en Grec) et à une démocratie plus pluraliste. Cette approche favorisant l'inter-compréhension entre les différents « points de vue » sur le monde est sans doute une clé précieuse quant à l'un des plus difficiles défis des « wicked problems » de la transition écologique, selon Hélène Soubelet, directrice de la Fondation de recherche pour la biodiversité<sup>4</sup>.

## LIMITATIONS

La présente étude comprend certaines limitations quant à la répliquabilité limitée de l'expérimentation scientifique si spécifique à la recherche action. Les données quantitatives récoltées sont également limitées par la volatilité des participant-es au fil de l'expérience (passé-es de 1455 à 464 personnes capable de terminer un exercice sur une plateforme en ligne, en 4h). La subjectivité propre à l'activité de conception a également influencé la nature de la réponse donnée à la commande de l'IMT, qu'une autre équipe aurait probablement formulé autrement. Palliant à ces déficits, les données qualitatives restent riches et nombreuses. Cela dit, de prochains travaux sont à conduire sur les interactions entre imaginaires ciblés et conception de représentations d'une part, et entre valeurs sociales ciblées et imaginaires leur correspondants d'autre part, afin de renforcer les connaissances méthodologiques.

## 6. Conclusion

La transition écologique, née sous ce nom dans un contexte pédagogique agricole, s'est développée en presque 20 ans vers une pratique qui s'articule aujourd'hui dans les territoires, et autour des valeurs sociales. La pédagogie en ingénierie, en revanche, gagnerait à faire de la place à une approche non uniquement basée sur les connaissances des faits et de celle des solutions techniques et technologiques, mais foncièrement ancrée dans celle des valeurs qui portent ces solutions. Parmi les différentes valeurs moins anthropocentrées, certaines semblent plus appropriées au développement d'activités humaines compatibles avec les limites planétaires – dans la continuité des recommandations de l'IPBES en 2022. Modifier ces valeurs semble être un levier considérable pour intervenir sur tout un système social, toutefois cela revient à ramer à contre-courant des normes et celles-ci sont un matériau implicite difficile à conscientiser.

En réponse, la présente étude démontre que les concepteurs et conceptrices d'outils pédagogiques peuvent employer les imaginaires comme médium de travail en soi, via une approche ludique de simulation (invention de récits spéculatifs inspirés par l'approche du design fiction) pour créer des représentations alternatives à celles dominantes. Se faisant, ces dernières permettent à un public de se confronter à elles, générant adoption ou conflit.

---

<sup>4</sup> Communication personnelle, Rencontre en personne, Studio de tournage Raffut, Paris VXe.

La contribution principale de ce dispositif – empruntant aux expérimentations de crise de l'ethnométhodologie – est de rendre les valeurs sociales explicites, en prises à la réflexion et au débat collectif, et donc d'outiller sa place centrale dans la pédagogie de la transition écologique.

Les pédagogues de la transition intéressés sont donc invités à explorer, dans leurs contextes respectifs, les débats qui émergeront de l'usage de ce dispositif. Ainsi, ils feront peut être l'expérience de processus démocratiques agonistiques tels que défendus par Chantal Mouffe, et toucherons sûrement du doigt des réponses à la question posée par l'ouvrage de Bruno Latour (2017), « Où atterrir ? », contribuant à partir des valeurs pour outiller l'action d'inventer l'ingénierie du XXI<sup>e</sup> siècle.

## 7. L'atelier proposé au colloque QPES

### OBJECTIFS DE L'ATELIER

Nous donnons 4 objectifs à l'atelier:

1. Faire vivre (en accéléré) une application pratique du design-fiction à la question de notre rapport au vivant;
2. Faire découvrir à la communauté d'enseignants l'intérêt d'une telle méthode dans la pédagogie de la transition écologique;
3. Prendre conscience de différents leviers d'intervention dans un système pour le faire évoluer et amener à l'apprentissage de second ordre;
4. Partager un kit pédagogique de base permettant de faire gagner du temps à des enseignants qui aimeraient s'appropriier ou refaire un tel exercice avec leurs étudiant-es.

### DÉROULÉ DE L'ATELIER

L'atelier d'une durée d'une heure et trente minutes comportera plusieurs phases.

**Phase de décollage (20 minutes)** : Accueil des participants en immersion dans un monde en 2043, incluant la diffusion d'extraits de la partie de la conférence performée d'experts français de la biodiversité et des enjeux du vivant. Les participants auront à leur disposition une fiche mémo de prise de notes sur laquelle s'appuyer pour la suite.

**Mise en pratique (50 minutes)**: par groupe de 2 ou de 3 personnes en fonction de la configuration de la salle, cette phase sera constituée d'une suite de 2 exercices pratiques (appelés des missions) ayant pour but d'amener progressivement les participants à embrasser la question du système de valeurs, et de réinventer le métier de l'ingénieur pour le XXI<sup>e</sup> siècle en s'inspirant des grands principes du vivant.

**Mission 1 (25 minutes)**: Diagnostic en 2 étapes, ils devront lire un court article de presse puis compléter une analyse d'impacts directs et indirects d'une technologie sur le vivant.

**Mission 2 (25 minutes)**: Ecriture en 3 étapes (Fiction, Atterrissage, Rédaction) d'un récit imaginaire de quelques lignes basé sur la déviation du futur.

### Phase d'atterrissage (20 minutes) :

- présentation de 5 minutes: Apport théorique sur les leviers d'intervention dans un système, prise de recul sur ce que l'on veut transmettre aux étudiant-es,
- présentation de 5 minutes : Retour d'expérience sur cet atelier qui a été dispensé à 2000 étudiant-es répartis dans plusieurs écoles d'ingénieur et de management.

**Rapide discussion (10 minutes)** : questions réponses sur la puissance et les limites d'un tel exercice.

#### **MODALITÉS, BESOINS ET CONTRAINTES LOGISTIQUES DE L'ATELIER**

Nous n'avons pas de nombre de participants maximum étant donné que l'atelier initial avait été conçu pour un format hybride pour autant d'étudiant-es que nécessaire.

Les personnes pressenties pour animer cet atelier sont les auteurs de cet article.

La salle devra être équipée d'un vidéoprojecteur permettant une diffusion claire et intelligible du son. Des affiches pourront être installées dans la salle avant l'arrivée des participants pour améliorer la qualité de l'immersion.

Les participants auront besoin de leur smartphone ou leur ordinateur pour se connecter à une plateforme en ligne. Chaque participant recevra en début d'atelier plusieurs feuillets de travail dont les consignes d'immersion et la fiche mémo, un court article scientifique à analyser.

## **Remerciements**



Le Forum L'ingénieur et le vivant de l'Institut Mines-Télécom, Max Mollon et Anne Monnier est mis à disposition selon les termes de la licence CC BY-NC 4.0 Int. Le kit d'animation de l'atelier ainsi que la vidéo de la conférence performée sont en accès libre sous cette licence (lien en annexe).

Les auteurs et autrices de cet article, Max Mollon ([Laboratoire des déviations écologiques](#)) & Anne Monnier, en charge de la Direction artistique et la Conception du format pédagogique innovant, souhaitent chaleureusement remercier :

- Orientation du thème et des modalités pédagogiques, mobilisation et animation en présentiel | Tous les membres du groupe de travail COMFORTES - COMpétences et FORMation pour la Transition Écologique et Sociale, et l'ensemble des enseignants, coordinateurs et techniciens en support de cette journée dans les écoles de l'IMT et dans ses écoles partenaires.
- Co-conception démarche et supports | Antoine Fricard, Laura Luche, Max Mollon, Anne Monnier & Noémie Nicolas
- Slides de présentation des speakers | © Luc Abbadie, José Halloy, Olivier Hamant, Max Mollon, Kalina Raskin & Hélène Soubelet
- Co-conception expérience vidéo & technique captation | Maxime Granata (Agence Raffut)

## Références bibliographiques et annexes

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abideen, A. R. (2022, July 13). Retour sur le Forum de la Sobriété Numérique de l'Institut Mines-Télécom : former l'ingénieur de demain. *IMT*. <https://www.imt.fr/le-premier-forum-virtuel-sobriete-numerique-a-ferme-ses-portes-le-5-fevrier/>
- Barthélémy, M., & Quéré, L. (2007). Recherches en ethnométhodologie de Harold GARFINKEL (traduit de l'anglais (USA) par Michel Barthélémy, Baudouin Dupret, Jean-Manuel de Queiroz et Louis Quéré). *PUF EBooks*, 474. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00259537>
- Beau, R., & Larrère, C. (2018). Penser l'Anthropocène. *Presses De Sciences Po EBooks*. <https://doi.org/10.3917/scpo.beaur.2018.01>
- Benyus, J. M. (2009). *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*. Harper Collins.
- Berthier, A. (2019, April 17). *L'hégémonie culturelle selon Gramsci*. Agir Par La Culture. <https://www.agirparlaculture.be/lhegemonie-culturelle-selon-gramsci/>
- Bleecker, J., Foster, N., Girardin, F., & Nova, N. (2022). *The Manual of Design Fiction: A Practical Guide to Exploring the Near Future*.
- Bongaarts, J. (2019). IPBES, 2019. Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. *Population and Development Review*, 45(3), 680–681. <https://doi.org/10.1111/padr.12283>
- Chaumon, M. B., Rouat, S., Laneyrie, E., & Cuvillier, B. (2018). De l'activité DE simulation à l'activité EN simulation : simuler pour stimuler. *Activités*, 15(1). <https://doi.org/10.4000/activites.3136>
- Corinne Morel Darleux : la fiction comme nourriture à l'action. (n.d.). *Socialter*. <https://www.socialter.fr/article/corinne-morel-darleux-la-fiction-comme-nourriture-a-l-action>
- Da Costa, A. (2022, June 21). Forum Transition écologique. *IMT*. <https://www.imt.fr/forum-transition-ecologique/>
- Darleux, C. M. (2019). Plutôt couler en beauté que flotter sans grâce. Réflexions sur l'effondrement. *Projet*. <https://doi.org/10.3917/pro.373.0091>
- De Almeida Kumlien, A. C. (n.d.). Wicked problems and how to solve them. *The Conversation*. <https://theconversation.com/wicked-problems-and-how-to-solve-them-100047>
- De Jouvenel, H. (2017). Les moteurs du changement. *Futuribles*, N° 419(4), 3. <https://doi.org/10.3917/futur.419.0003>
- Denis, J., & Pontille, D. (2022). Le soin des choses: Politiques de la maintenance. La Découverte.
- Dion, C. (2021). *Petit manuel de résistance contemporaine*. Éditions Actes Sud.
- Dunne, A., & Raby, F. (2001). *Design Noir*. Springer, Birkhäuser.
- Durand, G. (2016). *Les structures anthropologiques de l'imaginaire: Introduction à l'archétypologie générale*. Dunod. <https://doi.org/10.3917/dunod.duran.2016.01>

- École normale supérieure de Lyon. (n.d.). *Notion en débat : Anthropocène — Géoconfluences*. 2002 Géoconfluences ENS De Lyon.  
<http://geoconfluences.ens-lyon.fr/informations-scientifiques/a-la-une/notion-a-la-une/anthropocene>
- Elkington, J. (2018, September 13). 25 Years Ago I Coined the Phrase “Triple Bottom Line.” Here’s Why It’s Time to Rethink It. *Harvard Business Review*.  
<https://hbr.org/2018/06/25-years-ago-i-coined-the-phrase-triple-bottom-line-heres-why-im-giving-up-on-it>
- Findeli, A., Brouillet, D., Martin, S. T., Moineau, C., & Tarrago, R. (2008). Research Through Design and Transdisciplinarity: A Tentative Contribution to the Methodology of Design Research. *HAL (Le Centre Pour La Communication Scientifique Directe)*.
- Forestier, G. (2022, September 28). La Rentrée Climat à l’Institut Mines Télécom : d’une initiative individuelle à un déploiement massif. *La Fresque Du Climat*.  
<https://fresqueduclimat.org/2022/09/28/la-rentree-climat-a-linstitut-mines-telecom-dune-initiative-individuelle-a-un-deploiement-massif/>
- Gauthier, P., Proulx, S., & Vial, S. (2015). Manifeste pour le renouveau social et critique du design. *Que Sais-Je?*, 120–122. <https://www.cairn.info/le-design--9782130620433-page-120.htm>
- Garfinkel, H. (1967). *Studies in Ethnomethodology*. Prentice-Hall.)
- Gaver, W. W., & Bowers, J. (2012). Annotated Portfolios. *Interactions*, 19(4), 40-49.)
- Girault, Y., & Lhoste, Y. (2010). Opinions et savoirs : positionnements épistémologiques et questions didactiques. *R DST*, 1, 29–66. <https://doi.org/10.4000/rdst.160>
- Girault, Y., Zwang, A., & Jeziorski, A. (2014). Finalités et valeurs de différentes politiques d’éducation à la soutenabilité. *Education Relative À L’environnement : Regards-Recherches-Réflexions, Volume 11*. <https://doi.org/10.4000/ere.698>
- Halloy, J. (2021). Réchauffement climatique et technologies. In *La Revue nouvelle: Vol. N° 7* (Issue 7, pp. 56–62). CAIRN. <https://doi.org/10.3917/rn.217.0056>
- Hamant, O. (2022). *La Troisième Voie du vivant*. Odile Jacob.
- Hopkins, R. (2010). *Manuel de transition: de la dépendance au pétrole à la résilience locale*. Les Éditions écosociété, 216 p.
- IPBES. (2019). Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services. *Zenodo (CERN European Organization for Nuclear Research)*.  
<https://doi.org/10.5281/zenodo.3553579>
- IPBES (2022). Summary for Policymakers of the Methodological Assessment Report on the Diverse Values and Valuation of Nature of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Pascual, U., Balvanera, P., Christie, M., Baptiste, B., González-Jiménez, D., Anderson, C.B., Athayde, S., Barton, D.N., Chaplin-Kramer, R., Jacobs, S., Kelemen, E., Kumar, R., Lazos, E., Martin, A., Mwampamba, T.H., Nakangu, B., O’Farrell, P., Raymond, C.M., Subramanian, S.M., Termansen, M., Van Noordwijk, M., and Vatn, A. (eds.). IPBES secretariat, Bonn, Germany. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6522392>
- IPCC. (2022). Summary for Policymakers. In *Global Warming of 1.5°C: IPCC Special Report on Impacts of Global Warming of 1.5°C above Pre-industrial Levels in Context of Strengthening Response to Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty* (pp. 1-24). *Cambridge: Cambridge University Press*. doi:10.1017/9781009157940.001

- Kakpo, N. (2021). Géraldine Aïdan, Danièle Bourcier (dir.), Humain Non-Humain, Repenser l'intériorité du sujet de droit. Lectures. <https://doi.org/10.4000/lectures.49525>.
- Kyrou, A. (2020). *Dans les imaginaires du futur*. Éditions ActuSF.
- Latour, B. (2012b). Enquête sur les modes d'existence, une anthropologie des modernes. *La Découverte EBooks*. <http://ci.nii.ac.jp/ncid/BB12153495>
- Latour B. (2018). Où atterrir? comment s'orienter en politique. La Découverte.
- Lewin, K. (1946). Action Research and Minority Problems. *Journal of Social Issues*, 2(4), 34–46. <https://doi.org/10.1111/j.1540-4560.1946.tb02295.x>
- Lindeman, E. (1936). *Social Discovery: An Approach to the Study of Functional Groups*.
- Löwgren, J. (2013). Annotated Portfolios and Other Forms of Intermediate-Level Knowledge. *Interactions*, 20(1), 30-34.).
- Maffesoli, M. (2013). *Imaginaire et postmodernité: synergie de l'archaïsme et du développement technologique*.
- Mangin, C., & Gousse-Lessard, A. (2022). Les sciences cognitives face aux changements climatiques : apports et limites pour l'éducation relative à l'environnement. *Education Relative À L'environnement : Regards-Recherches-Réflexions, Volume 17-1*. <https://doi.org/10.4000/ere.8307>
- Martin, S., & Gaspard, A. (2017). Les comportements, levier de la transition écologique ? *Futuribles*. <https://doi.org/10.3917/futur.419.0033>
- Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pörtner, H., Roberts, D. A., Skea, J. E. F., Priyadarshi, R., Pirani, A., Moufouma-Okia, W., Péan, C., Pidcock, R., Connors, S., Matthews, J., Chen, Y., Zhou, X. K., Gomis, M. I., Lonnoy, E., Maycock, T., Tignor, M., & Waterfield, T. (2019). Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. *World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland*.
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., & Behrens, W. W. (1972). *The Limits to Growth*. Universe Books, New York.
- Minvielle, N. & Wathelet, O. (2017). *Le design fiction: Une méthode pour explorer les futurs et construire l'avenir ?*. *Futuribles*, 421, 69-83. <https://doi.org/10.3917/futur.421.0069>
- Mollon, M., & Kerspern, B. (2018). Design fiction : du design des politiques publiques au design des polémiques publiques. *Horizons Publics*. <https://www.horizonspublics.fr/numerique/design-fiction-du-design-des-politiques-publiques-au-design-des-polemiques-publiques>
- Mollon, M. (2019). Designing for debate : How to craft dissonant artefacts and their communication situations so as to open spaces for mutual contestation (agonism) and the expression of marginal voices (dissensus) [Ph.D. Dissertation]. *PSL Research University (Paris Sciences et Lettres)*.
- Montgomery, E. P., & Woebken, C. (2016). *Extrapolation Factory - Operator's Manual: Publication Version 1.0 - Includes 11 Futures Modeling Tools*. Createspace Independent Publishing Platform.
- Mouffe, C. (2014). *Agonistique : Penser politiquement le monde* (E. Chiron, Éd.; D. Beaulieu, Trad.). Beaux-arts de Paris.

- Musso, P. (2014). *L'imaginaire industriel*. Editions Manucius.
- Prochaska, J. O., & Diclemente, C. C. (2005). The Transtheoretical Approach. *Oxford University Press EBooks*, 147–171. <https://doi.org/10.1093/med:psych/9780195165791.003.0007>
- Radjou, N., Prabhu, J., & Ahuja, S. (2012). *Jugaad Innovation: Think Frugal, Be Flexible, Generate Breakthrough Growth*. John Wiley & Sons.
- Raworth, K. (2017). *Doughnut Economics: Seven Ways to Think Like a 21st-Century Economist*. Chelsea Green Publishing.
- Rédaction, L. (2023, January 20). Futur et Prospective : Repenser la notion de futur, l'apport du Programme Littératie des futurs de l'UNESCO - Alters Média. *Alters Média*. <https://alters-media.fr/2023/01/20/futur-et-prospective-repenser-la-notion-de-futur-lapport-du-programme-litteratie-des-futurs-de-lunesco/>
- Reider, D., & Partner, S. (2012). Leverage Points—Places to Intervene in a System. *Routledge EBooks*, 152–172. <https://doi.org/10.4324/9781849773386-15>
- Rittel, H. W. J., & Webber, M. M. (1972). *Dilemmas in a General Theory of Planning*.
- Robichaud, A. (2013). Noam Chomsky, un représentant de la tradition humaniste et critique en éducation. Mémoire De Maîtrise, *Université De Montréal*, Canada.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K. J., Persson, Å., Chapin, F. S., Lambin, E. F., Lenton, T. M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H. J., Nykvist, B., De Wit, C. A., Hughes, T. P., Van Der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P. J., Costanza, R., Svedin, U., . . . Foley, J. A. (2009a). A safe operating space for humanity. *Nature*, 461(7263), 472–475. <https://doi.org/10.1038/461472a>
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K. J., Persson, Å., Chapin, F. S., Lambin, E. F., Lenton, T. M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H. J., Nykvist, B., De Wit, C. A., Hughes, T. P., Van Der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P. J., Costanza, R., Svedin, U., . . . Foley, J. A. (2009b). Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity. *Ecology and Society*, 14(2). <https://doi.org/10.5751/es-03180-140232>
- Romainville, M. (2007). Conscience, métacognition, apprentissage : Le cas des compétences méthodologiques. *La Conscience Chez L'enfant Et Chez L'élève*, Québec : Presses de l'Université du Québec, 2007, 108-130.
- Sensibiliser et former aux enjeux de la transition écologique dans l'Enseignement supérieur*. (n.d.). enseignementsup-recherche.gouv.fr. <https://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/fr/sensibiliser-et-former-aux-enjeux-de-la-transition-ecologique-dans-l-enseignement-superieur-83888>
- Steffen, W., Grinevald, J., Crutzen, P. J., & McNeill, J. H. (2011). The Anthropocene: conceptual and historical perspectives. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 369(1938), 842–867. <https://doi.org/10.1098/rsta.2010.0327>
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S., Fetzer, I., Bennett, E. M., Biggs, R., Carpenter, S. R., De Vries, W., De Wit, C. A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G. M., Persson, L., Ramanathan, V., Reyers, B., & Sörlin, S. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223). <https://doi.org/10.1126/science.1259855>
- The Shift Project. (2023). Former l'ingénieur du XXIème siècle - The Shift Project. In *The Shift Project*. <https://theshiftproject.org/former-les-ingenieurs-a-la-transition/>

- Van Belleghem, L. (2018). La simulation de l'activité en conception ergonomique : acquis et perspectives. *Activités*, 15(1). <https://doi.org/10.4000/activites.3129>
- Vivien, F. (2009). Les modèles économiques de soutenabilité et le changement climatique. *Regards Croisés Sur L'économie*, n° 6(2), 75–83. <https://doi.org/10.3917/rce.006.0075>
- Waeber, P. O., Stoudmann, N., Langston, J. W., Ghazoul, J., Wilmé, L., Sayer, J., Nobre, C. A., Innes, J. L., Fernbach, P. M., Sloman, S. A., & Garcia, C. (2021). Choices We Make in Times of Crisis. *Sustainability*, 13(6), 3578. <https://doi.org/10.3390/su13063578>
- Wolf, M. J. (2014). *Building Imaginary Worlds: The Theory and History of Subcreation*. Routledge.
- Zwang, A., & Girault, Y. (2012). Quelle(s) spécificité(s) pour l'Éducation au Développement Durable (ÉDD) ? *Spirale*, 50(1), 181–195. <https://doi.org/10.3406/spira.2012.1099>

## ANNEXE 1 : VIDÉO PUBLIÉE



Vidéo complète du Forum 2023 disponible ici :

<https://www.imt.fr/journee-ingenieur-et-le-vivant-a-limt-2000-eleves-mobilises-dans-les-ecoles-le-19-janvier/>

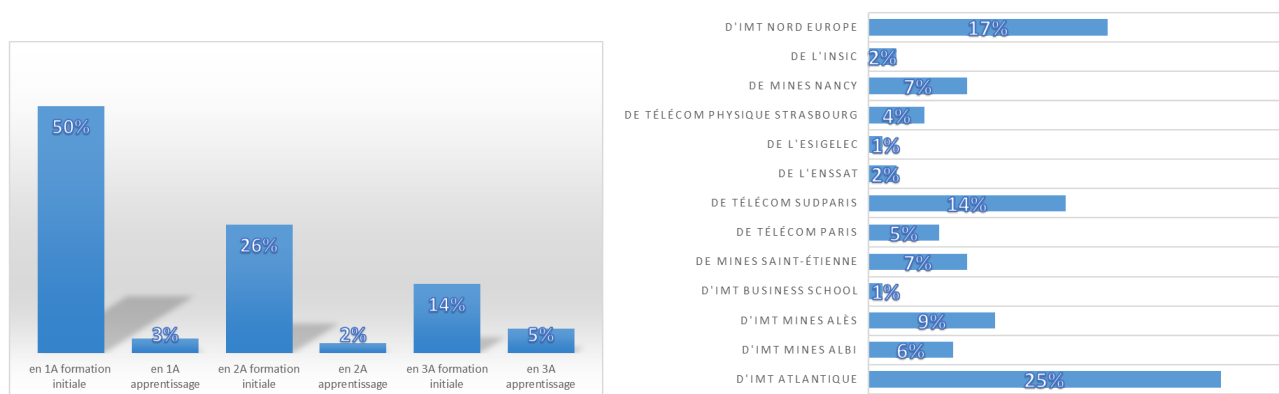
ou

<https://vimeo.com/797014111/3c4e2f4f3d>



**Figure 8 : Aperçu de la diffusion live de la phase de conférence performée (à gauche), puis de la phase d’atelier, synchronisée dans 14 campus.**

## ANNEXE 2 : DOCUMENT SYNTHÈSE DU BILAN DE L'ÉVÈNEMENT, CONTENANT LES DONNÉES QUANTITATIVES ET QUALITATIVES ANALYSÉES ET RÉSUMÉES DANS L'ARTICLE



**Figure 4 : Niveau de formation et écoles de 867 participants qui ont accepté de répondre à ces 3 questions d'identification. 66% ont déclaré être des hommes, 26% des femmes et 8% ont préféré ne pas se prononcer.**

### Quizz initial

Sur les 1455 étudiant-es présent-es, 1298 (89%) se sont connecté-es au quizz initial proposé lors de la période d'attente du démarrage de la conférence; Sur les 7 questions « vrai ou faux » qui leur étaient posées, 1030 élèves (71%) ont répondu, 3 d'entre elles ont permis de débusquer de faux à priori pour une majorité d'élèves.

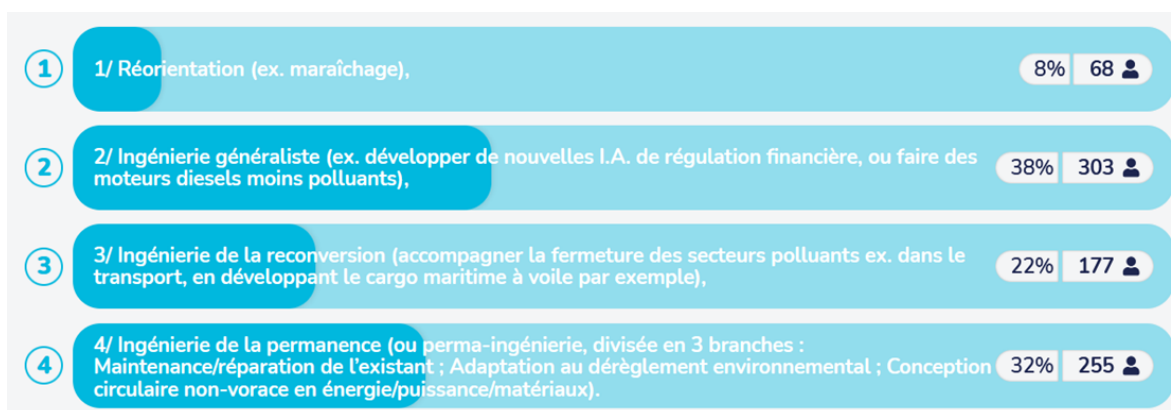
- *C'est la loi du plus fort qui prévaut dans le monde vivant. Réponse : Faux (54% des élèves ont répondu vrai)*
- *L'une des différences qui distingue les mammifères des autres espèces réside dans le fait que ces individus développent des caractères différents. Réponse Faux (69% des élèves ont répondu vrai)*
- *Les pionniers du végétarisme sont les suédois, dès 1685. Réponse Faux (59% des élèves ont répondu vrai).*

Les 4 autres questions ont été très majoritairement répondues avec succès. On en déduit que leur impact s'en est tenu à démarrer l'immersion et à attirer l'attention des élèves sur des faits intéressants du vivant.

- *Seuls les mammifères peuvent ressentir la douleur. Réponse Faux (96% des répondant-es)*
- *Seuls les humains peuvent apprendre. Réponse Faux (97% des répondant-es)*
- *D'autres animaux que l'être humain sont des animaux sociaux. Réponse vrai (94% des répondant-es)*
- *Seuls les humains sont capables de « fabriquer ». réponse Faux (94% des répondant-es)*

### Question à la fin de la conférence performée

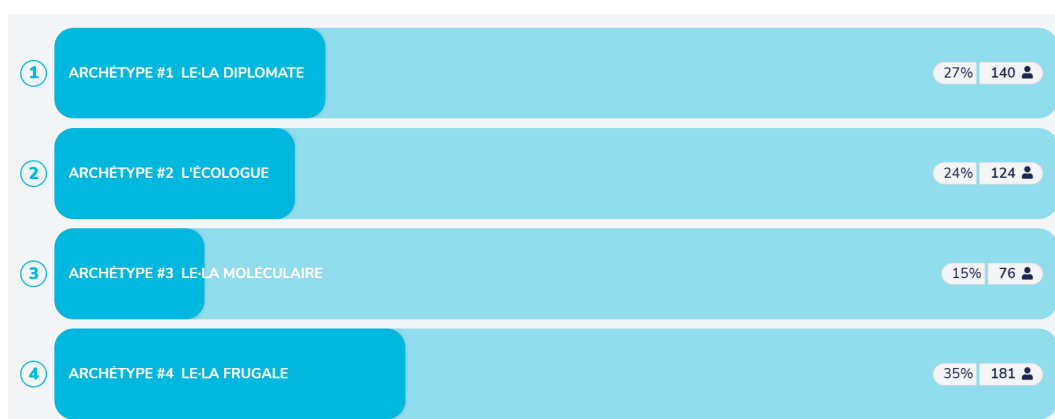
803 répondant-es (55%) se sont positionné-es sur une appétence pour leur futur métier. La question qui leur a été posée était: « *Public étudiant de 2023, face à l'héritage que t'ont laissé les générations précédentes, tu serais plutôt: »*



**Figure 9 : Positionnement des étudiant-es quant à leur appétence pour leur métier d'avenir. Présenté de la sorte, il est intéressant de noter que 54% des répondant-es, soit 29% de la totalité des participants sont prêts à passer sur des ingénieries futures, entre autres proposées comme les ingénieries de la reconversion et de la permanence et à l'affirmer sur un sondage en ligne.**

### Atelier participatif

1337 étudiant-es (91%) sont resté-es jusqu'à l'atelier participatif, et 521 (36%) étudiant-es ont répondu en ligne aux questionnaires de choix d'archétypes. Leurs choix ont été répartis de manière plutôt équitable sur les 4 archétypes (Figure 6). 276 (19%) ont montré un engagement mental dans l'exercice jusqu'au bout en donnant un avis critique sur l'expérience et sur l'ingrédient magique.



**Figure 10 : Positionnement globalement équitable des étudiant-es sur l'un des choix d'archétypes pour concevoir les récits imaginaires.**

### **Exemple d'une production répondant à la plupart des critères de l'exercice en prenant en compte la nature dans le récit (en réponse à l'article Chlordécone)**

*Nous sommes une démonstration de la capacité du vivant et faisant partie intégrante d'un immense système plus complexe que nous l'avions imaginé. C'est ce que nous avons compris durant ces 20 dernières années. Nous avons compris qu'un rythme biologique existait, que nous vivons sur une planète finie, rendue vivante par le soleil et que formons un tout extraordinaire avec tous les êtres de cette planète. Cette introduction plutôt large et abstraite nous permet de comprendre les mécanismes qui nous ont permis de nous adapter jusqu'ici. Cet article de presse, introduit un projet technologique réussi mais aussi sa philosophie qui est inhérente à celui-ci. Le problème qui s'est posé est lié au charançon du bananier qui a dévoré un nombre conséquent de plantations il y a quelques décennies de cela. Pour remédier à ce problème nous*

*avons utilisé un produit nommé la chlordécone. Les impacts de celle-ci ont été dévastateurs. Pour remédier à ce sur-problème nous nous sommes intéressés au temps et à la nature. Elle même à eu besoin de s'adapter à cet insecte venu à l'époque d'Asie de l'Est. Nous avons utilisé par ailleurs des techniques combinatoires afin d'utiliser d'autres plantes pour dévier ces insectes de celle-ci. Il a fallu que certains chercheurs se posent des questions sur les mécanismes derrière cet insecte et sa façon de vivre et d'interagir avec le vivant. Aujourd'hui les agriculteurs de sols vivants, prennent le temps de vérifier leurs plantations, de ne pas en faire des usines, de les arroser et de créer des mini écosystèmes qui s'auto défendent et dont l'agriculteur en est le régulateur.*

### **Exemple d'une production répondant à la plupart des critères de l'exercice en prenant en compte la nature dans le récit (en réponse à l'article du Lithium)**

*« Depuis quelques années, le désert d'Atacama retrouve progressivement sa beauté d'antan. En effet, il n'y a plus d'arrivée massive de voitures en provenance des pays occidentaux dû au virage considérable pris par les constructeurs de voiture individuelle. La commercialisation de voitures de plus de 1 tonne 5 a été interdite ce qui a eu pour conséquence de créer des voitures plus légères et moins consommatrices de carburant. De plus, les voitures comportent moins d'électronique embarqués, afin de perdre volontairement en performance mais pour gagner en résilience. De plus, un système de recyclage national a été mis en place aux Etats-Unis permettant à ce dernier de fonctionner en circuit fermé.*

*dans la mesure du possible pour fabriquer de nouvelles voitures pour les Chiliens mais aussi pour développer de nouveaux usages. Ceci devrait participer au développement économique de la région jusqu'au nettoyage complet du désert.*

*L'industrie textile du pays est relancée et privilégie les matériaux afin de produire des vêtements traditionnels aux pays sud-américains. On voit revenir dans ces pays l'envie de retrouver ses racines perdues avec la mondialisation. Le nombre d'importations a grandement diminué et plus aucun vêtement ne traîne dans le désert. Un parc national a été créé pour préserver l'écosystème fragile du désert d'Atacama.*

*Concernant les voitures déjà présentes dans le désert, un nouveau marché des pièces détachées a émergé. Le but est de réemployer les composants électroniques, les plastiques ainsi que tous les éléments encore fonctionnels*

*L'ensemble de ces mesures ont pu être prises grâce à une étroite collaboration internationale et grâce à la signature de traités internationaux de responsabilisation des États et des entreprises dans leur gestion des déchets. »*

### **Exemple d'une production répondant à la plupart des critères de l'exercice (en réponse à l'article du métavers)**

*10/12/2035 : C'est une catastrophe. Après l'arrêt total de production d'appareils il y a quelques années à cause de la pénurie de terres rares, vient l'interruption brusque du fonctionnement de ceux qui étaient toujours en circulation. Plus d'ordinateur, plus de téléphone, mais aussi plus d'eau chaude, plus de lumière. Plus rien. Comment s'occuper? Comment vivre ?*

*créé le lierre, pour construire, et le lierre d'ailleurs, cohabite avec nous. C'est le cas de nombreuses autres plantes, intégrées à nos vies. Les toits des immeubles sont devenus des parcs végétaux; on trouve des singes en plein Manhattan !*

*03/06/2043 : Cela fait des années que je n'ai pas écrit. J'ai lutté pour défendre mes positions, face à ceux qui veulent ranimer la technologie, qui se raccrochent à l'illusion qu'elle rétablira l'équilibre. Mais il n'y a jamais eu d'équilibre, et la disparition du numérique nous a simplement ouvert les yeux, et il est maintenant désuet. Nous avons appris à nous chauffer autrement, en construisant plus intelligemment : nos murs maintiennent la chaleur. Nous utilisons une colle identique à celle que*

*Comment peut-on concevoir d'oublier tout cela, pour revenir à notre ancien monde où nous étions malheureux? Pour manger, on ne peut plus rien cuire. Faire du feu? Comment, sans Google pour nous aider, nous qui ne savons qu'allumer nos plaques à induction? On ne peut donc plus manger de viande, il nous faut d'autres sources de protéines. C'est ainsi qu'on a commencé à unir nos efforts pour utiliser les connaissances en création de nourriture, et nous avons développé des nouvelles méthodes dans un labo.*

*13/12/2043 : Depuis quelques semaines je me sens apaisé, j'ai créé des liens avec mes camarades du labo. Nous avons décidé de donner un nom à cet espace : Eat and Meet. Chacun se regroupe et partage ses recettes à base d'ingrédients que l'on a reconstitué plus tôt dans la journée grâce aux connaissances des ingénieurs en biologie.*

*20/12/2043 : Finalement, c'était la socialisation qui nous manquait. Voir, découvrir et faire, ce sont des choses que*

*l'on fait constamment, lorsqu'on vit sobrement, en union avec la nature. Il n'y a plus besoin de technologie pour exciter notre cerveau ennuyé et abruti par le gris du béton. Nous prenons l'air, nous regardons les animaux, nous observons la nature, et grâce à tout cela, voyager ne nous manque plus.*

*Le bonheur c'est être, et non pas avoir.*

### **ANNEXE 3 : KIT PÉDAGOGIQUE POUR ENSEIGNANTS**

Les pages suivantes sont celles distribuées aux personnes animant les ateliers le jour de l'événement le Forum et le Vivant pour l'IMT. Elles ont été pensées en soutien des consignes (identiques) données au format numérique sur téléphone via l'application wooclap.

Ces consignes peuvent être trouvées en suivant le QR code affiché dans la vidéo de l'événement :

<https://www.imt.fr/journee-ingenieur-et-le-vivant-a-limt-2000-eleves-mobilises-dans-les-ecoles-le-19-janvier/>

Ou aux adresses suivantes :

Quizz d'intro | <https://app.wooclap.com/PECP2023>

Sondages pendant la conférence performée | <https://app.wooclap.com/TR2023> (non-accessible post-événement)

Consignes pendant l'atelier | <https://app.wooclap.com/AT2023>

L'atelier démarre avec une lecture d'un article de presse. Ceux-ci sont présentés ci-après les consignes.

## ANNEXE 1 : VIDÉO PUBLIÉE



Vidéo complète du Forum 2023 disponible ici :

<https://www.imt.fr/journee-ingenieur-et-le-vivant-a-limt-2000-eleves-mobilises-dans-les-ecoles-le-19-janvier/>

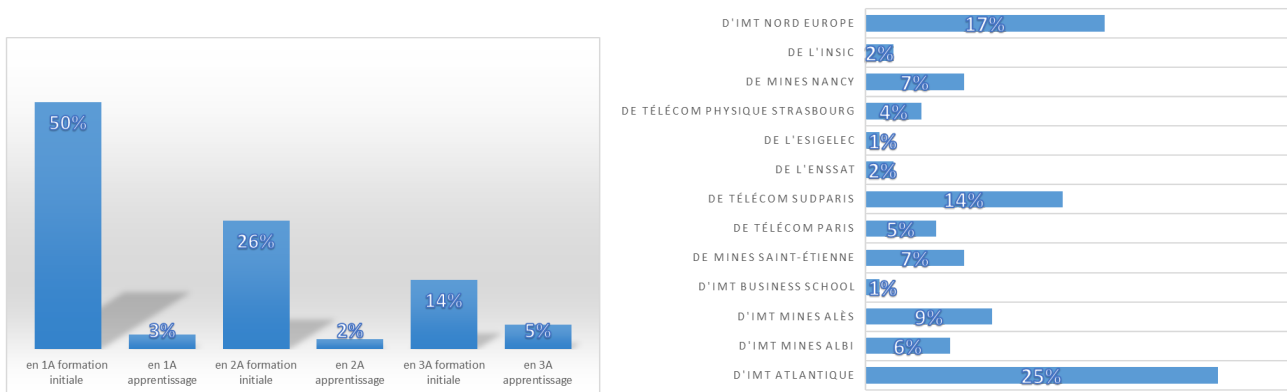
ou

<https://vimeo.com/797014111/3c4e2f4f3d>



**Figure 8 : Aperçu de la diffusion live de la phase de conférence performée (à gauche), puis de la phase d’atelier, synchronisée dans 14 campus.**

**ANNEXE 2 : DOCUMENT SYNTHÈSE DU BILAN DE L'ÉVÉNEMENT, CONTENANT LES DONNÉES QUANTITATIVES ET QUALITATIVES ANALYSÉES ET RÉSUMÉES DANS L'ARTICLE**



**Figure 4 : Niveau de formation et écoles de 867 participants qui ont accepté de répondre à ces 3 questions d'identification. 66% ont déclaré être des hommes, 26% des femmes et 8% ont préféré ne pas se prononcer.**

**Quizz initial**

Sur les 1455 étudiant-es présent-es, 1298 (89%) se sont connecté-es au quizz initial proposé lors de la période d'attente du démarrage de la conférence; Sur les 7 questions « vrai ou faux » qui leur étaient posées, 1030 élèves (71%) ont répondu, 3 d'entre elles ont permis de débusquer de faux à priori pour une majorité d'élèves.

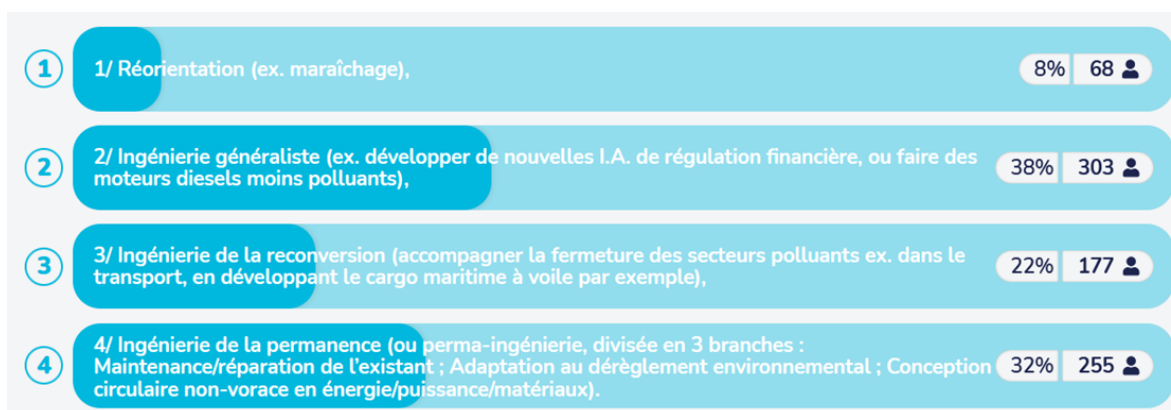
- *C'est la loi du plus fort qui prévaut dans le monde vivant. Réponse : Faux (54% des élèves ont répondu vrai)*
- *L'une des différences qui distingue les mammifères des autres espèces réside dans le fait que ces individus développent des caractères différents. Réponse Faux (69% des élèves ont répondu vrai)*
- *Les pionniers du végétarisme sont les suédois, dès 1685. Réponse Faux (59% des élèves ont répondu vrai).*

Les 4 autres questions ont été très majoritairement répondues avec succès. On en déduit que leur impact s'en est tenu à démarrer l'immersion et à attirer l'attention des élèves sur des faits intéressants du vivant.

- *Seuls les mammifères peuvent ressentir la douleur. Réponse Faux (96% des répondant-es)*
- *Seuls les humains peuvent apprendre. Réponse Faux (97% des répondant-es)*
- *D'autres animaux que l'être humain sont des animaux sociaux. Réponse vrai (94% des répondant-es)*
- *Seuls les humains sont capables de « fabriquer ». réponse Faux (94% des répondant-es)*

## Question à la fin de la conférence performée

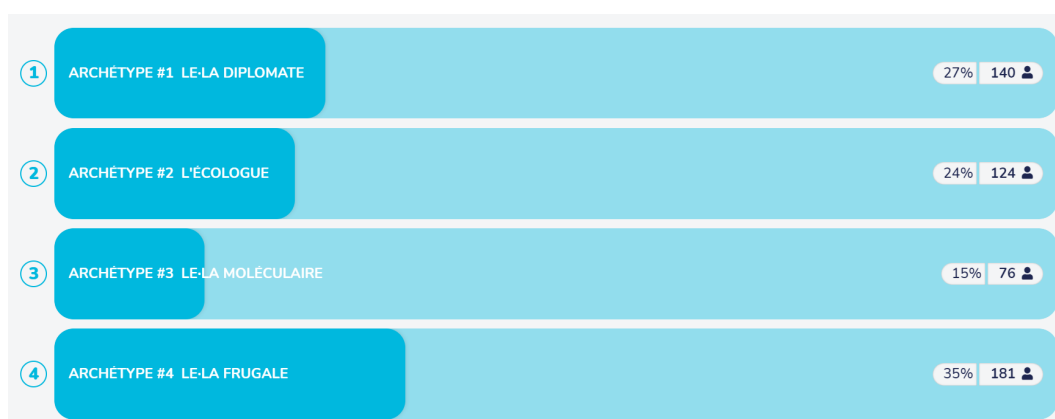
803 répondant-es (55%) se sont positionné-es sur une appétence pour leur futur métier. La question qui leur a été posée était: « *Public étudiant de 2023, face à l'héritage que t'ont laissé les générations précédentes, tu serais plutôt: »*



**Figure 9 : Positionnement des étudiant-es quant à leur appétence pour leur métier d'avenir. Présenté de la sorte, il est intéressant de noter que 54% des répondant-es, soit 29% de la totalité des participants sont prêts à passer sur des ingénieries futures, entre autres proposées comme les ingénieries de la reconversion et de la permanence et à l'affirmer sur un sondage en ligne.**

## Atelier participatif

1337 étudiant-es (91%) sont resté-es jusqu'à l'atelier participatif, et 521 (36%) étudiant-es ont répondu en ligne aux questionnaires de choix d'archétypes. Leurs choix ont été répartis de manière plutôt équitable sur les 4 archétypes (Figure 6). 276 (19%) ont montré un engagement mental dans l'exercice jusqu'au bout en donnant un avis critique sur l'expérience et sur l'ingrédient magique.



**Figure 10 : Positionnement globalement équitable des étudiant-es sur l'un des choix d'archétypes pour concevoir les récits imaginaires.**

### **Exemple d'une production répondant à la plupart des critères de l'exercice en prenant en compte la nature dans le récit (en réponse à l'article Chlordécone)**

*Nous sommes une démonstration de la capacité du vivant et faisant partie intégrante d'un immense système plus complexe que nous l'avions imaginé. C'est ce que nous avons compris durant ces 20 dernières années. Nous avons compris qu'un rythme biologique existait, que nous vivons sur une planète finie, rendue vivante par le soleil et que formons un tout extraordinaire avec tous les êtres de cette planète. Cette introduction plutôt large et abstraite nous permet de comprendre les mécanismes qui nous ont permis de nous adapter jusqu'ici. Cet article de presse, introduit un projet technologique réussi mais aussi sa philosophie qui est inhérente à celui-ci. Le problème qui s'est posé est lié au charançon du bananier qui a dévoré un nombre conséquent de plantations il y a quelques décennies de cela. Pour remédier à ce problème nous*

*avons utilisé un produit nommé la chlordécone. Les impacts de celle-ci ont été dévastateurs. Pour remédier à ce sur-problème nous nous sommes intéressés au temps et à la nature. Elle même à eu besoin de s'adapter à cet insecte venu à l'époque d'Asie de l'Est. Nous avons utilisé par ailleurs des techniques combinatoires afin d'utiliser d'autres plantes pour dévier ces insectes de celle-ci. Il a fallu que certains chercheurs se posent des questions sur les mécanismes derrière cet insecte et sa façon de vivre et d'interagir avec le vivant. Aujourd'hui les agriculteurs de sols vivants, prennent le temps de vérifier leurs plantations, de ne pas en faire des usines, de les arroser et de créer des mini écosystèmes qui s'auto défendent et dont l'agriculteur en est le régulateur.*

### **Exemple d'une production répondant à la plupart des critères de l'exercice en prenant en compte la nature dans le récit (en réponse à l'article du Lithium)**

*« Depuis quelques années, le désert d'Atacama retrouve progressivement sa beauté d'antan. En effet, il n'y a plus d'arrivée massive de voitures en provenance des pays occidentaux dû au virage considérable pris par les constructeurs de voiture individuelle. La commercialisation de voitures de plus de 1 tonne 5 a été interdite ce qui a eu pour conséquence de créer des voitures plus légères et moins consommatrices de carburant. De plus, les voitures comportent moins d'électronique embarqués, afin de perdre volontairement en performance mais pour gagner en résilience. De plus, un système de recyclage national a été mis en place aux Etats-Unis permettant à ce dernier de fonctionner en circuit fermé.*

*dans la mesure du possible pour fabriquer de nouvelles voitures pour les Chiliens mais aussi pour développer de nouveaux usages. Ceci devrait participer au développement économique de la région jusqu'au nettoyage complet du désert.*

*L'industrie textile du pays est relancée et privilégie les matériaux afin de produire des vêtements traditionnels aux pays sud-américains. On voit revenir dans ces pays l'envie de retrouver ses racines perdues avec la mondialisation. Le nombre d'importations a grandement diminué et plus aucun vêtement ne traîne dans le désert. Un parc national a été créé pour préserver l'écosystème fragile du désert d'Atacama.*

*Concernant les voitures déjà présentes dans le désert, un nouveau marché des pièces détachées a émergé. Le but est de réemployer les composants électroniques, les plastiques ainsi que tous les éléments encore fonctionnels*

*L'ensemble de ces mesures ont pu être prises grâce à une étroite collaboration internationale et grâce à la signature de traités internationaux de responsabilisation des États et des entreprises dans leur gestion des déchets. »*

### **Exemple d'une production répondant à la plupart des critères de l'exercice (en réponse à l'article du métavers)**

*10/12/2035 : C'est une catastrophe. Après l'arrêt total de production d'appareils il y a quelques années à cause de la pénurie de terres rares, vient l'interruption brusque du fonctionnement de ceux qui étaient toujours en circulation. Plus d'ordinateur, plus de téléphone, mais aussi plus d'eau chaude, plus de lumière. Plus rien. Comment s'occuper? Comment vivre ?*

*créé le lierre, pour construire, et le lierre d'ailleurs, cohabite avec nous. C'est le cas de nombreuses autres plantes, intégrées à nos vies. Les toits des immeubles sont devenus des parcs végétaux; on trouve des singes en plein Manhattan !*

*03/06/2043 : Cela fait des années que je n'ai pas écrit. J'ai lutté pour défendre mes positions, face à ceux qui veulent ranimer la technologie, qui se raccrochent à l'illusion qu'elle rétablira l'équilibre. Mais il n'y a jamais eu d'équilibre, et la disparition du numérique nous a simplement ouvert les yeux, et il est maintenant désuet. Nous avons appris à nous chauffer autrement, en construisant plus intelligemment : nos murs maintiennent la chaleur. Nous utilisons une colle identique à celle que*

*Comment peut-on concevoir d'oublier tout cela, pour revenir à notre ancien monde où nous étions malheureux? Pour manger, on ne peut plus rien cuire. Faire du feu? Comment, sans Google pour nous aider, nous qui ne savons qu'allumer nos plaques à induction? On ne peut donc plus manger de viande, il nous faut d'autres sources de protéines. C'est ainsi qu'on a commencé à unir nos efforts pour utiliser les connaissances en création de nourriture, et nous avons développé des nouvelles méthodes dans un labo.*

*13/12/2043 : Depuis quelques semaines je me sens apaisé, j'ai créé des liens avec mes camarades du labo. Nous avons décidé de donner un nom à cet espace : Eat and Meet. Chacun se regroupe et partage ses recettes à base d'ingrédients que l'on a reconstitué plus tôt dans la journée grâce aux connaissances des ingénieurs en biologie.*

*20/12/2043 : Finalement, c'était la socialisation qui nous manquait. Voir, découvrir et faire, ce sont des choses que*

*l'on fait constamment, lorsqu'on vit sobrement, en union avec la nature. Il n'y a plus besoin de technologie pour exciter notre cerveau ennuyé et abruti par le gris du béton. Nous prenons l'air, nous regardons les animaux, nous observons la nature, et grâce à tout cela, voyager ne nous manque plus.*

*Le bonheur c'est être, et non pas avoir.*

### **ANNEXE 3 : KIT PÉDAGOGIQUE POUR ENSEIGNANTS**

Les pages suivantes sont celles distribuées aux personnes animant les ateliers le jour de l'événement le Forum et le Vivant pour l'IMT. Elles ont été pensées en soutien des consignes (identiques) données au format numérique sur téléphone via l'application wooclap.

Ces consignes peuvent être trouvées en suivant le QR code affiché dans la vidéo de l'événement :

<https://www.imt.fr/journee-ingenieur-et-le-vivant-a-limt-2000-eleves-mobilises-dans-les-ecoles-le-19-janvier/>

Ou aux adresses suivantes :

Quizz d'intro | <https://app.wooclap.com/PECP2023>

Sondages pendant la conférence performée | <https://app.wooclap.com/TR2023> (non-accessible post-événement)

Consignes pendant l'atelier | <https://app.wooclap.com/AT2023>

L'atelier démarre avec une lecture d'un article de presse. Ceux-ci sont présentés ci-après les consignes.

Communication n°01#20430119 | Canal : Print | Document : Prise\_de\_note.txt  
 <!--语言向后兼容:标准化的 Retrocompatibilité langage : Format standardisé .txt &  
 HTML2.0 \*/\* CSS9 desactivated 禁用CSS9-- >

Bienvenue à la journée Forum IMT du 19 janvier 2023.

Si tu lis ce texte, c'est que nous avons hacké avec succès le déroulé de cet événement, en direct depuis le futur : le 19 janvier 2043.

Le voyage quantique spatiotemporel n'a pas encore été inventé chez vous. En 2043, on peut utiliser l'ordinateur quantique pour modifier l'internet du passé. C'est comme cela que l'on a envoyé ce document à vos encadrantes\*.

Certes, nous enfrençons le Code Quantique UE-32019R, mais l'enjeu est trop important : il faut influencer le futur ! Suit notre protocole :

**Phase 1) Accueil** | Réponds vite au questionnaire en ligne avant le démarrage de la table ronde (flashes le QR code ou suis l'URL),

**Phase 2) Table ronde** | Utilise la fiche suivante pour organiser ta prise de note (nous allons vous donner une conférence très dense !),

**Phase 3) Atelier** | Aide-nous à identifier "l'ingrédient secret" qui pourrait faire dévier le programme des écoles d'ingénieur plus vite (consignes à venir).

\* NB. le féminin l'emporte sur le masculin dans la grammaire de 2043.

## STRUCTURE TA PRISE DE NOTE EN RÉPONDANT PROGRESSIVEMENT À CES QUESTIONS LORS DE LA TABLE RONDE :

- 1.0 | Quels sont les enjeux à retenir pour le climat ?
- 2.0 | Quels sont les enjeux à retenir pour le vivant ?
- 3.0 | Vivant et climat, quelles interactions ?
- 4.0 | Si on compare les systèmes vivants aux systèmes techniques, quels sont les grands défis ?
- 5.1 | Parmi les solutions pour passer à des ingénieries soutenables, que faut-il développer ?
- 5.2 | Parmi les solutions, comment faire volte-face et faire un virage radical en ingénierie ?
- 6.0 | Qu'est-ce qui nous empêche de nous transformer? Par quels "ingrédients secrets" accélérer l'évolution des formations en ingénierie et management ?
- 7.0 | Quels messages retiens-tu du discours des Alumni ?

Communication n°03#20430119 | Canal : Web | Document : Consignes\_atelier-1\_2.txt  
 <!--语言向后兼容:标准化的 Retrocompatibilité langage : Format standardisé .txt &  
 HTML2.0 "/>

Après une pause de 10min, RDV à 10H10 pour la Phase 3 de cet événement : l'Atelier.  
 Nous te proposons 2 missions puis 1 mini sondage sur Wooclap pour aider à identifier les  
 "ingrédients secrets" qui pourront accélérer l'évolution de la formation de l'ingénieur du  
 XXIe siècle.

**Important : Crée un groupe de 2 personnes, maximum 3, avec 2 personnes voisines de table (un seul et même groupe pour les 2h d'atelier).**

### MISSION 1/2 | DIAGNOSTIC

Lire les consignes en entier et gérez votre temps.  
 Vous avez 50 minutes, jusqu'à 11H00.

*Cette mission a simplement pour but d'apprendre à décortiquer un projet technologique et ses impacts. C'est une compétence essentielle à l'ingénieur du XXIe siècle pour éviter de se retrouver à travailler sur le mauvais projet. Comme dit Olivier Hamant : "Il y a bien trop d'ingénieurs qui passe du temps à résoudre le mauvais problème. Il faut passer plus de temps à trouver la bonne question."*

### ÉTAPE 1 | 20 MIN ← Nous diffuserons un gong de fin d'étape

1. Choisissez l'un des 5 articles disponibles,
2. Lisez l'article et surlignez les points problématiques / controversés. C'est un article critique, toutefois d'autres usages vertueux sont peut-être possibles de la même technologie,
3. Pour effectuer le diagnostic, nous allons cartographier les dépendances du projet technologique cité par l'article :
  - a. Sur une feuille horizontale (Taille A3 idéalement, ou A4), placez la technologie concernée au centre (si possible, choisissez une zone géographique type d'implantation),
  - b. Dans une première couronne autour du centre, imaginez et placez les personnes actrices et les ressources impliquées par le projet (ex. usagers, usines, transports, etc.). Placez les entités impliquées "en amont" dans la partie gauche, et "en aval" dans la partie droite de la feuille.
  - c. Dans une seconde couronne concentrique, autour des éléments précédents, placez les personnes actrices et les ressources nécessaires à l'existence de la première couronne (ex. matériaux, juridiction, employés, etc.)
  - d. Répétez sur une 3e couronne si besoin.
  - e. Prenez toute la place de la feuille, comme dans l'exemple ci-après (verso).

**ÉTAPE 2 | 04 MIN**

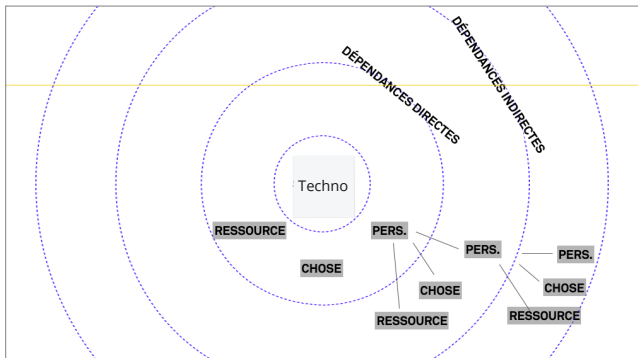
- Placez les impacts problématiques surlignés / identifiés dans l'article, aux bons endroits de votre cartographie.

**ÉTAPE 3 | 25 MIN**

1. Sur une feuille de brouillon A4, brainstormez sur les impacts que pourraient avoir la technologie en question, spécifiquement sur le vivant.
2. Pour cela, répondez aux questions (inspirées par la FRB – Hélène Soubelet) :
3. Au delà des émissions CO2,
4. En quoi le projet encourage le changement d'occupation des sols ?
5. Exploite-t-il massivement des ressources (dont eau, minéral, énergie, puissance) ?
6. Génère-t-il une pollution (acoustique, chimique, plastique, invisible, etc.) ?
7. Contribue à une homogénéisation / appauvrissement génétique des espèces impliquées (ex. sélection variétale en agriculture) ?
8. Lisez davantage en ligne si besoin. Toutefois, pas besoin d'être exhaustif, cette fois-ci.
9. Reportez ces impacts aux bons endroits sur le A3 (dans une autre couleur si possible, avec des numéros si c'est plus rapide).

**ÉTAPE 4 | 01 MIN**

1. Faites 1 photo de vos productions + 1 photo de la salle en train de travailler.
2. Envoyez ces 2 photos par mail à [holiday.ridge.this.intact.south@addtodropbox.com](mailto:holiday.ridge.this.intact.south@addtodropbox.com)

**EXEMPLE :**

**Attention : Nous récompenserons les 3 meilleures productions de cette Mission 2/2 avec un cadeau surprise.**

### **MISSION 2/2 | DÉVIATION DU FUTUR**

Lisez les consignes en entier et gérez votre temps.

Vous avez 45 minutes, jusqu'à 11H45.

*Cette mission a pour but d'éveiller votre capacité à imaginer un autre futur et à vous libérer d'un certain imaginaire du progrès dont les effets sont destructeurs pour le vivant.*

Vous devez revisiter la technologie présentée dans l'article que vous avez sélectionné et réécrire l'histoire. Inventez et rédigez un texte court descriptif d'un projet technologique du XXI<sup>e</sup> siècle qui résout le problème initial de manière vertueuse pour le vivant... quitte à tout réinventer.

#### **ÉTAPE 1 | Fiction | 15 MIN**

1. Ci-après (verso) voici 4 Archétypes d'ingénieur-es du futur, inspiré par les imaginaires d'œuvres de fiction. Lisez-les et choisissez la plus inspirante pour vous, en lien avec votre projet.
2. Imaginez que vous vivez littéralement dans un monde où cet Archétype existe. Imaginez votre quotidien, la société, les besoins et les activités qui ont changées. N'hésitez pas à vous inspirer d'œuvres de fiction / jeu vidéo proches.
3. À présent, re-visitez, voire ré-inventez le projet technologique initial dans le monde de cet Archétype, avec l'aide de ces questions d'inspiration :
  - a. Finalement, quel est le problème de fond résolu par la technologie en question ? (ex. se déplacer, alimenter des machines, gérer des déchets, etc.)
  - b. Y a t il moyen de s'abstenir de le résoudre ? De contourner le problème ? De le résoudre via de multiples manières hétérogènes ? De reposer sur de la collaboration humaine et vivante en priorité à la technique ? (Même si cela implique de changer les mœurs et coutumes)
  - c. Ce n'est pas possible ? Alors, y a t il moyen de ne pas générer le problème en amont ? (Même si cela implique de réorganiser la société sur certains points)
  - d. Reprenez la liste des problèmes de la Mission 1 : Comment votre nouvelle solution (technique-vivante) vous permet d'éviter d'engendrer ces problèmes ? Comment ne pas faire appel à des technologies zombies ?
  - e. La sobriété, l'adaptabilité et la robustesse de votre idée peuvent-elles vous permettre d'éviter la recherche d'efficacité, rapidité, infaillibilité (qui ne sont plus adaptées au monde incertain à venir) ?
  - f. Comment insérer ce projet dans l'un des 2 nouveaux secteurs de 2043 : l'ingénierie des fermetures et résiliences (ex. sortir du pétrole, s'adapter à l'inéluctable) et l'ingénierie circulaire (la réparation, le biomimétisme, la sobriété, la bio-génération moléculaire) ?
- À ce stade, travaillez au brouillon, vous avez carte blanche, imaginez un monde où tout est possible.


## ÉTAPE 2 | Atterrissage | 15 MIN

- Retour au réel, hors de la fiction, mais dans le futur ! Tout est encore (un peu) possible. Au brouillon, rendez votre idée crédible en répondant à ces questions d'inspiration :
  - Quels organisations ou quels territoires s'engagent déjà sur votre idée en 2023 ? » Ils deviennent vos partenaires pour porter votre projet dans le futur.
  - Le projet est trop coûteux en argent ? » Étalez-le dans le temps. Répartissez-le entre de nombreux acteurs.
  - Le projet n'est pas faisable techniquement ? Et si nous avions découvert une nouvelle techno/biomimétisme et circulaire ? » Cherchez des traces d'article sur le sujet sur le Web pour nous convaincre.
  - Le projet n'est pas acceptable socialement ? » Imaginez un scandale ou un drame considérable qui a fait changer le peuple d'avis ! (ex. Fukushima, Covid19, etc.) et situez votre histoire après cet événement.
  - Avez-vous tenté de réduire les impacts inéluctables du projet ? Comment les compenser ? Comment le projet obtient un bilan écologique-économique positif ?
- Spécifiez en quoi votre Archétype est essentiel pour que ce projet advienne !

## ÉTAPE 3 | Rédaction | 15 MIN

- Sur Wooclap, passez à la question suivante : indiquer l'Archétype de l'ingénieur.e imaginaire sélectionné, puis rédigez votre pitch. Cela peut prendre le ton d'un mini-article de presse, un pitch de projet, une réclame publicitaire, une émission radio, un mode d'emploi, une news de Hugo-decrypt ou autre youtubeur (P.S. youtube n'existe plus en 2043).
- Donnez un titre à votre texte et rédigez-le directement sur Wooclap, depuis l'année 2043, 400 mots maxi.
- Si vous avez besoin de dessiner, vraiment indiquer le titre de votre texte sur le dessin puis envoyer la photo à [holiday.ridge.this.intact.south@addtodropbox.com](mailto:holiday.ridge.this.intact.south@addtodropbox.com)

## 4 ARCHÉTYPES :

| ARCHÉTYPE #1   LE LA DIPLOMATE   | ARCHÉTYPE #2   L'ÉCOLOGUE   | ARCHÉTYPE #3   LE LA MOLÉCULAIRE  | ARCHÉTYPE #4   LE LA FRUGALE   |
|--|---|---|--|
|   |   |   |   |
| <p>Cette personne voit l'infiniment petit, les réseaux d'internet sous-terrain du mycélium, parle le langage du vivant, est infusée par la biologie, et maîtrise aussi la technologie humaine.</p> <p><b>Passesse entre les mondes, elle peut mettre en dialogue des entités et systèmes différents.</b> Elle s'inspire du reste du vivant et le considère comme son frère. Elle s'oppose à l'escavagisme animal et végétal. Également alliée des humains, elle excelle au management de groupes.</p> <p>—</p> <p><b>Contrepartie :</b> Très subtile, doit négocier des intérêts divergents</p> <p>—</p> <p><b>Inspiration :</b> Nausicaa (par Miyazaki)</p> | <p>Cette personne peut construire des écosystèmes entiers. Elle a une maîtrise tellement fine des dynamiques et contre-dynamiques du vivant qu'elle sait où appuyer, comme pour l'acupuncture, afin que le système naturel s'équilibre et s'organise. Elle est virtuose de la régénération des écosystèmes déséquilibrés et comprend et peut influencer leur complexité.</p> <p>—</p> <p><b>Contrepartie :</b> Très complexe, nécessite des grandes équipes d'experts de chaque domaines</p> <p>—</p> <p><b>Inspiration :</b> Reconstruction totale d'une seconde planète Terre (Dans H2G2 le film)</p> | <p>Cette personne sollicite le vivant pour faire pousser ce dont elle a besoin. Elle joue avec les éléments sans les maîtriser, ouvert à l'imprévisible et dans un échange équilibré qui répond aux besoins du milieu.</p> <p>—</p> <p><b>Contrepartie :</b> Très lent, 20 ans pour faire pousser un arbre ou une "torif" de chaises.</p> <p>—</p> <p><b>Inspiration :</b> Yamato est un personnage qui peut faire pousser des mobiliers en bois (Dans Naruto de Masashi Kishimoto)</p> <p>—</p> <p><b>Ex. contemporain :</b> David Henon designer, ou le Lab. "Matters of activity" à Berlin font "pousser" des matériaux / objets (calcaire, pierre, corail...)</p> | <p>Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme. Cette personne touche-à-tout a gagné le Prix Nobel en inventant une manière de réemployer les composants informatiques sans les refondre, afin d'éviter le coût énergétique du recyclage. Tous les autres matériaux ont suivi, papier, bois, métaux, liquides... rien ne se perd, tout se répare.</p> <p>—</p> <p><b>Contrepartie :</b> Quasiment plus aucune fabrication à neuf</p> <p>—</p> <p><b>Inspiration :</b> Géo Trouvetout (Dans Picou)</p> <p>—</p> <p><b>Ex. contemporain :</b> Cherchez "Jugaad", c'est le design frugal indien, l'art de "faire plus avec moins".</p> |

## ARTICLE 1

# **Lithium : entre souveraineté et impact environnemental, une nouvelle mine en France loin de faire l'unanimité**

*Par Arnaud Dumas, le 27 octobre 2022*



La production de lithium provient essentiellement de Chine, d'Australie et d'Amérique du Sud. @MatthieuColin Hemis

Le groupe Imerys prévoit d'ouvrir une mine de lithium dans l'Allier, sur un site existant d'extraction de kaolin. Un projet qui doit permettre à la France de renforcer sa souveraineté sur l'approvisionnement de ce minerai crucial pour la transition énergétique. Mais l'acceptation des mines de lithium rencontre de fortes oppositions locales en France. Le groupe minier va devoir faire de gros efforts pour démontrer l'utilité du projet et donner de sérieuses garanties sur son impact environnemental. C'est une question de souveraineté énergétique. La mine de lithium que le groupe Imerys veut ouvrir dans l'Allier, sur le site de sa mine actuelle de kaolin à Beauvoir, a reçu le soutien de tout le gouvernement. Bruno Le Maire, ministre de l'Économie, se félicite d'un projet qui "réduira drastiquement nos besoins d'importation de lithium". Agnès Pannier-Runacher, ministre de la Transition énergétique, se réjouit d'un projet qui permettra "d'assurer notre indépendance énergétique et industrielle".

Le groupe minier français mène depuis plusieurs mois des études sur son site pour en évaluer le potentiel. Il a détecté un filon de 34 000 tonnes d'hydroxyde de lithium, l'équivalent de la production de 700 000 batteries de véhicules électriques par an, qu'il compte commencer à exploiter à partir de l'année 2028. Pour Imerys, le projet est particulièrement attractif, car il lui permet de se positionner sur l'un des minerais cruciaux pour la transition énergétique. La demande pour le lithium devrait continuer à augmenter dans les prochaines années en raison de l'électrification de pans entiers de l'économie, comme l'automobile. Selon [une étude de](#)

[Novethic sur les minerais de transition](#), la production de lithium devrait être multipliée par 13 d'ici 2030, sans pour autant suffire à satisfaire la demande.

## **Une forte opposition locale**

L'ouverture d'une mine dans l'Hexagone est cependant loin d'être gagnée. Des projets d'ouverture de mine ont déjà rencontré une forte opposition locale. Notamment en Bretagne, où un gisement important a été détecté à Tréguennec et où les habitants ont rapidement manifesté leur désapprobation. "La vraie question qui se pose, c'est de savoir si on arrivera à faire une mine socialement acceptable et écologiquement responsable. C'est la condition nécessaire à l'installation d'un tel projet, donc à la souveraineté du pays sur ces minerais", remarque Pierre-Alexis de Vauplane, associé chez Ring Capital, un fonds d'investissement à impact, et auteur de *Demain, la souveraineté* (éditions Hermann).

L'enjeu de l'acceptation sociale des projets miniers en Europe repose sur une meilleure compréhension des enjeux de l'importation des minerais. "C'est de la pollution importée, rappelle Pierre-Alexis de Vauplane. Il est de notre responsabilité de réintégrer cette chaîne de valeur de manière responsable et d'avoir ces mines sous les yeux."

## **Donner de véritables garanties environnementales**

Le côté responsable de la future mine de Beauvoir est justement très largement mis en avant par Imerys. L'industriel assure que son projet sera conforme à la norme Irma (Initiative pour l'assurance d'une extraction minière responsable), qui oblige notamment à prendre en compte l'environnement et les droits humains. Imerys déclare ainsi vouloir recourir à des techniques d'exploitation souterraines pour réduire l'impact sur les sols et la biodiversité, ou encore de travailler sur la réduction des émissions de CO2 en utilisant des véhicules électriques, les voies ferrées, etc. Le minier assure au total être capable de réduire de moitié les émissions de la production de lithium par rapport aux autres projets dans le monde.

Selon Pierre-Alexis de Vauplane, l'ouverture de mines de lithium en France sera nécessaire pour assurer les besoins de la transition énergétique. "Mais il va falloir donner de véritables garanties pour qu'il n'y ait pas de suspicion de greenwashing et aller plus loin dans la transparence, ce qui n'est pas encore le cas. Il y a une telle défiance vis-à-vis des mines qu'il faudra des engagements précis", estime-t-il.

Pour Judith Pigneur, spécialiste des questions minières pour Les Amis de la Terre, la question de l'extraction minière en France doit être posée de manière plus globale. Dans une interview [à Radio Classique](#), elle insistait sur le fait qu'il fallait avant tout faire "un bilan poussé et sérieux des besoins". Elle ajoute : "d'abord on doit se concentrer sur la sobriété, ensuite sur le recyclage et enfin sur une potentielle extraction du lithium". En clair, extraire du lithium pour produire des SUV à l'empreinte carbone très élevée n'est peut-être pas une bonne idée.

[© 2022 Novethic - Tous droits réservés](#)

L'INGÉNIEUR ET LE VIVANT : vivez une immersion pour imaginer le futur du métier d'ingénieur !

## ARTICLE 2

# Le métavers, un univers de pixels pour une pollution bien réelle

*Par Audrey Dufour, le 21 novembre 2021*



Des visiteurs explorant une installation virtuelle intitulée « Machine hallucinations - Espace : Métavers » par l'artiste Refik Anadol, en septembre 2021. Tyrone Siu/Reuters.

Avec de nouveaux équipements dédiés à la réalité virtuelle, un futur métavers se révélerait une source supplémentaire de pollution. Au détriment du monde réel. Devant vos yeux, des poissons multicolores se faufilent au milieu de coraux splendides. Dans la réalité, vous n'êtes pas plongé dans un récif aux eaux turquoise, mais dans votre salon, casque de réalité virtuelle sur la tête. Et dans la réalité, les coraux se meurent. Bienvenue dans le futur, version métavers.

Avec son métavers, Mark Zuckerberg a ouvert les mannes financières pour réaliser un vieux projet de science-fiction. Au-delà des questions techniques, économiques et éthiques qu'il soulève, l'univers virtuel aura un coût environnemental jusque-là passé sous silence par les gourous des nouvelles technologies.

### **Toujours plus d'équipements individuels**

Principale source de pollution, pour un futur métavers comme pour le numérique actuel, loin devant la consommation électrique des centres de données : les équipements des utilisateurs. « *Trois quarts de l'impact environnemental du numérique résident dans la fabrication des équipements, très loin devant le stockage des données*, pointe Frédéric Bordage, créateur de Green IT et spécialiste en sobriété numérique. *Demain, la réalité virtuelle et des équipements que l'on n'imagine pas encore vont accentuer la pollution liée à l'extraction et à la transformation de matériaux rares. Or, ces composants sont aussi utilisés dans le secteur médical. Est-il vraiment raisonnable d'utiliser ces ressources limitées pour des casques de réalité virtuelle plutôt que des IRM ?* ».

D'autant plus que les changements fréquents d'appareils, liés à des effets de mode et des évolutions techniques, ne devraient pas s'arrêter avec un futur métavers. « *Cet univers numérique n'existe pas encore, mais on peut par exemple imaginer que chaque amélioration graphique incite à acheter un nouvel équipement* », reconnaît Raphaël Guastavi à l'Ademe, l'agence publique de l'environnement.

## **Le pessimisme des experts**

Toutefois, peut-être que voir la barrière de corail en pixels éviterait les tonnes de CO<sub>2</sub> rejetées par avion pour la voir en vrai ? Là encore, les experts sont plutôt pessimistes. « *On se dit depuis une bonne décennie que les possibilités en ligne devraient réduire les déplacements physiques. En réalité, il y a ajout et non substitution* », balaie Hugues Ferreboeuf, chef de projet numérique au laboratoire d'idées The Shift Project.

« *Nous n'avons jamais autant voyagé que depuis l'arrivée des moyens de communication à distance* », renchérit Frédéric Bordage. À ses yeux, les annonces de Facebook sur le métavers juste avant la COP26 semblent « *anachroniques* », pour le dire poliment.

« *Ce métavers concernera 10 à 15 % de la population mondiale, et je ne suis pas sûr que ce soit eux qui arrêteront de voyager en parallèle*, ajoute Hugues Ferreboeuf. *Dans le fond, la question n'est pas l'usage du métavers, mais quel type de société souhaite-t-on ?* »

[© 2021 La Croix - Tous droits réservés](#)

### ARTICLE 3

## La vie aquatique pourrait être impactée par le rejet des eaux plus chaudes des centrales nucléaires

Par Sophie Vanel, le 22 juillet 2022



Face à la vague de chaleur, la centrale nucléaire de Bugey (Ain) a obtenu une dérogation pour rejeter de l'eau plus chaude qu'en temps normal. PHILIPPE DESMAZES / AF

29 réacteurs nucléaires sur 56 sont actuellement indisponibles et la vague de chaleur extrême que subit le pays ne fait qu'empirer la situation.

La canicule de cet été a conduit à une élévation inhabituelle de la température de certains milieux aquatiques. Or, une centrale nucléaire dépend des cours d'eau pour refroidir ses réacteurs. Une fois utilisée, l'eau est rejetée à une température plus chaude, de quelques dixièmes de degrés à plusieurs degrés. Pour ne pas trop réchauffer davantage les milieux environnants et protéger la biodiversité aquatique, les températures des rejets d'eau sont encadrées par l'Agence de sûreté nucléaire (ASN) pour chaque centrale nucléaire. Cette année, pour continuer à fonctionner à un niveau minimal de puissance malgré la canicule, [l'ASN et le ministère de l'Énergie ont donné leur feu vert](#) pour que certaines centrales augmentent la valeur limite de la température de ses rejets d'eau, et cela jusqu'au 24 juillet.

### **Perturbation possible pour la faune benthique**

L'impact de cette dérogation sur le milieu aquatique pose question. Le rejet d'une eau trop chaude pourrait perturber les espèces vivant dans ces milieux comme l'explique à *Sciences et Avenir* Jérémie Lobry, spécialiste de la biodiversité aquatique à l'INRAE : "*Nous faisons l'hypothèse que les poissons peuvent éviter les zones les plus chaudes. En revanche, c'est sûr qu'il y a des impacts physiologiques directes à court terme sur la faune moins mobile comme*

*les crustacés, les mollusques et les invertébrés type polychètes. Ces impacts directs peuvent se traduire par une augmentation de la mortalité locale."*

Et les conséquences pourraient aussi être indirectes : lorsque l'eau est très chaude, la boucle microbienne - incorporation du carbone organique dans la biomasse bactérienne - s'accélère et consomme beaucoup d'oxygène. *"Ce processus provoque un déficit d'oxygène dans l'eau et nous pouvons atteindre des seuils d'oxygène de 5 voir 2mg/ L d'eau, s'il dure trop longtemps. Ce sont des seuils biologiques en-dessous desquels il est très compliqué pour les organismes de respirer."* Face à ces épisodes de canicule, peu de recherches ont été réalisées jusqu'à présent. Seule une [étude](#) de grande ampleur sur 10 ans a été conduite sur le Rhône à la suite de la canicule de 2003. Elle avait montré un réchauffement des eaux moyen de 1,6 °C au niveau de la centrale, comparé au milieu naturel. *"Ce réchauffement a eu un léger impact sur les bactéries, les biofilms. Il a impacté leur capacité de dénitrification"*, soit la capacité des bactéries à éliminer les nitrates de l'eau, explique à *Sciences et Avenir* Christophe Quintin, inspecteur en chef de l'Autorité de sûreté nucléaire. En revanche, les scientifiques estiment qu'il n'y a pas eu d'impact pour les poissons, grâce à un effet d'évitement.

## Mise en place d'un suivi exceptionnel

Cette année, afin d'étudier au plus près les impacts de cette dérogation, l'ASN a mis en place un "suivi canicule" plus poussé. *"Nous allons étudier les paramètres physico-chimiques, faire des analyses microbiologiques, des analyses de plancton et un suivi piscicole"*, détaille M. Quintin. Un suivi scientifique à long terme sur l'impact des centrales existe sur les installations nucléaires. EDF finance des bureaux d'étude pour faire des prélèvements tout au long de l'année et analyser les évolutions dans le temps. Mais ces suivis sont indépendants des périodes exceptionnelles de chaleur. Ce suivi canicule est donc déclenché pour la première fois. Deux points de mesure doivent être réalisés : un point dans la semaine suivant le début de la mise en place de la dérogation et un deuxième plus tard. *"Nous nous focalisons notamment sur les cyanobactéries. Ces micro-organismes se développent lorsque le milieu se dégrade et se réchauffe. Pour les cyanobactéries, nous réalisons des analyses tous les deux jours à partir du moment où la dérogation est en place. Normalement, nous ne devons pas en trouver..."*, précise l'inspecteur en chef de l'ASN. Christophe Quintin assure également qu'il existe un suivi de la mortalité des poissons par observation visuelle : *"Ça vaut ce que ça vaut mais ce n'est pas l'indicateur le plus pertinent car il y a beaucoup de poissons morts qui ne flottent pas... Mais si nous trouvons des poissons morts, alors il y aura des actions à prendre"*.

## Des mesures insuffisantes ?

Pour le biologiste de l'INRAE, ce type de suivi semble cependant insuffisant : *"Concernant le suivi de poissons, si nous commençons à observer des poissons morts c'est qu'il se sera passé quelque chose de très très grave. Les poissons peuvent avoir été impactés de nombreuses manières différentes avant de flotter en surface"*. Pour observer l'effet immédiat, Jérémy Lobry estime qu'il faudrait capturer des individus et faire des mesures de stress physiologiques : hormonales et bio-chimiques. *"Mais aller sur site, faire des observations, des échantillonnages, des dosages biochimiques et analyser tout ça en laboratoire. Cela coûte*

*cher et ça prend du temps."* Pourtant, avec le dérèglement climatique, les canicules vont devenir de plus en plus fréquentes et intenses. La mise en place d'un suivi rigoureux au moment des vagues de chaleur semble donc nécessaire pour étudier la perturbation sur le milieu aquatique, notamment sur le long terme. *"Il faut que nous nous y préparions"*, reconnaît Jérémie Lobry.

[© 2022 Sciences et Avenir - Tous droits réservés](#)

## ARTICLE 4

# La chlordécone, un poison pour longtemps

*Par Philippe Fontaine et Patrica Léveillé, le 1<sup>er</sup> juillet 2020*



La chlordécone a contaminé 90% de la population de la Guadeloupe et de la Martinique © INRAE, MAHIEU

La chlordécone, un insecticide utilisé massivement en Guadeloupe et Martinique jusqu'en 1993, pour lutter contre le charançon du bananier, a contaminé les sols, les eaux souterraines, les rivières et le littoral marin. Aujourd'hui encore les animaux d'élevage sont contaminés via leur alimentation (fourrage, sol) et peuvent ainsi entraîner des risques de contamination chez l'Homme. Un poison pour la terre, les animaux, les végétaux et les Hommes. Voilà ce qu'est la chlordécone, un insecticide utilisé massivement en Guadeloupe et Martinique jusqu'en 1993, pour lutter contre le charançon du bananier. Classée cancérogène possible, perturbateur endocrinien, reprotoxique..., elle est très difficilement dégradable dans l'environnement terrestre, où sa persistance pourrait s'étendre sur 1 à 5 ou 6 siècles, suivant le type de sol.

D'après l'étude Kannari de 2018, elle contamine, à des niveaux divers, plus de 90% de la population des deux îles. Et pour cause, l'insecticide n'a pas seulement contaminé les sols, il s'est aussi répandu dans les eaux souterraines, les rivières et le littoral marin avec des conséquences dramatiques. Il est absorbé passivement par les plantes au niveau des racines, est entraîné par le flux de sève brute, et se lie préférentiellement aux composés ligno-cellulosiques des vaisseaux conducteurs, qui jouent un rôle de filtre relativement efficace.

Il en résulte un gradient de contamination des organes des plantes, avec une concentration maximale au niveau des racines, rhizomes et tubercules, et minimale pour les fruits des solanées, des bananiers ou des arbres fruitiers. Il est désormais impossible de cultiver les légumes racines (igname, carotte, patate douce...) dans les zones polluées (>100 mg de chlordécone / kg de sol sec), et même les fourrages consommés par les animaux sont significativement contaminés sur les sols les plus pollués.

## **Les animaux d'élevage contaminés**

En outre, des travaux menés par INRAE et l'Université de Lorraine dans le cadre du projet INSSICCA financé par l'ANR ont démontré que les bovins ingèrent de 20 à 100 g de sol pour chaque kg de matière sèche de fourrage ingéré. Or, la totalité de la chlordécone mesurée dans le sol se retrouve dans l'organisme de l'animal qui l'ingère, pouvant conduire à des contaminations très fortes. Des analyses réalisées sur des porcs élevés en plein air ont montré des niveaux de contamination des tissus jusqu'à 70 à 80 fois supérieurs à la limite autorisée ! Bien sûr, des tests sont systématiquement réalisés dans les abattoirs, afin d'écarter les carcasses trop contaminées, mais les conséquences économiques peuvent être difficiles à supporter pour les éleveurs, en particulier pour les éleveurs bovins, les plus concernés. Pourtant, des solutions existent pour limiter l'exposition des consommateurs. Ainsi, les chercheurs ont observé que la concentration de chlordécone dans les animaux et leurs produits (viandes, laits, oeufs) diminue avec le temps, dès qu'ils ne sont plus exposés. La concentration en chlordécone de l'organisme est divisée par deux au bout d'une semaine chez la poule, trois semaines chez la chèvre, trois et demie chez le mouton, six chez le boeuf et sept à huit semaines chez le porc (pour mémoire, il faut 10 à 17 semaines à l'Homme pour éliminer la moitié du polluant).

## Et demain ?

Pour cette raison, les scientifiques s'orientent maintenant vers la recherche de solutions qui soient techniquement efficaces, économiquement viables et socialement acceptables par la population. Plusieurs options biotechniques et organisationnelles sont envisagées avec les éleveurs, comme l'engraissement des bovins contaminés, soit sur des parcelles non polluées, soit dans des unités d'engraissement hors-sol, pour assurer une décontamination la plus complète possible avant abattage. Pour évaluer ces options, un projet Casdar vient d'être déposé par ITEL (Institut de l'Élevage de Guadeloupe), le [centre INRAE Antilles-Guyane](#) et l'Université de Lorraine. Enfin, INRAE apporte un soutien scientifique au programme régional de prévention Jardins Familiaux (JAFA) pour promouvoir des techniques de culture et d'élevage des volailles qui permettent aux particuliers auto-consommateurs de produire leurs oeufs, volailles ou légumes en minimisant leur risque d'exposition à la chlordécone.

[© 2020 INRAE - Tous droits réservés](#)

## ARTICLE 5

# L'écosystème du désert d'Atacama menacé par les déchets du monde entier

*Par Paulina Abramovich, le 25 novembre 2022*



Des centaines de véhicules entassés dans une décharge municipale à Los Verdes, dans le désert d'Atacama, à 30 km au sud de la ville d'Iquique, le 12 novembre 2022 au Chili (AFP – Martin Bernetti)

Le désert d'Atacama, dans le nord du Chili, est le réceptacle de tonnes de vêtements usagés, mais aussi de voitures et pneumatiques en fin de vie provenant du monde entier, une menace pour son écosystème unique. Des tonnes de vêtements jonchent les flancs des collines arides entourant la municipalité d'Alto Hospicio, dans la région de Tarapaca, à quelque 1800 km au nord de Santiago. Dans la ville voisine d'Iquique, ce sont des milliers de voitures désossées provenant des États-Unis, du Japon ou de Corée qui s'entassent, tandis que dans d'autres zones de ce désert de plus de 100 000 km<sup>2</sup>, le paysage est défiguré par des centaines de pneus.

Le Chili s'est spécialisé depuis plus de quarante ans dans le commerce de vêtements d'occasion, entre habits jetés par les consommateurs, déstockages et bonnes œuvres provenant du monde entier. Selon les douanes chiliennes, en 2021, quelque 46 285 tonnes de vêtements usagés sont entrées dans le pays. Les vêtements, tout comme les voitures, entrent par la zone franche du port d'Iquique. Ils sont destinés au marché de l'occasion chilien ou à celui d'autres pays latino-américains. La plupart des voitures sont, elles, réexportées vers le Pérou, la Bolivie ou le Paraguay. Cependant, beaucoup terminent dans les rues d'Iquique ou sur les

flancs des collines environnantes. Plus de la moitié des vêtements et chaussures produits, à bas coûts et à la chaîne, en Asie pour l'essentiel, finissent eux éparpillés dans le désert du fait de l'engorgement du circuit. Régulièrement, ces décharges sauvages sont incendiées afin d'en réduire les nuisances, provoquant cependant des épais nuages de fumées toxiques.

« *Ces incendies sont très toxiques, car ce qui en émane est du plastique brûlé* », souligne auprès de l'AFP Paulín Silva, une avocate qui en mars a déposé une plainte contre l'État chilien auprès d'un tribunal dédié aux questions environnementales.

### « Risque environnemental »

Originaire d'Iquique, M<sup>e</sup> Silva dénonce notamment la passivité de l'État face à ces décharges qui, assure-t-elle, constituent « *un risque environnemental* » et « *un danger pour la santé humaine* ». « *Ce sont les gens sans scrupules du monde entier qui viennent déverser leurs déchets ici* », peste auprès de l'AFP Patricio Ferreira, le maire d'Alto Hospicio, l'une des villes les plus pauvres du Chili. « *Nous avons nettoyé une fois et ils nous polluent dans un autre secteur* », se plaint-il, se disant démuni face au problème. « *Nous nous sentons abandonnés. Nous avons le sentiment que notre terre est sacrifiée* », s'indigne-t-il.

Bien que considéré comme l'un des déserts les plus secs au monde - avec des précipitations qui n'atteignent pas les 20 millimètres par an dans certaines zones -, l'Atacama abrite un écosystème unique. Dans sa partie la plus aride, près de la ville côtière d'Antofagasta, les scientifiques, dont la biologiste chilienne Cristina Dorador, ont découvert des formes de vie extrêmes : des micro-organismes capables de vivre quasiment sans eau ni nutriments malgré un rayonnement solaire extrême. Ces micro-organismes pourraient détenir les secrets de l'évolution et de la survie sur terre, mais aussi sur d'autres planètes, estiment-ils.

### Un écosystème « très fragile »

Dans certaines zones proches de la côte, la brume permet à la végétation et aux animaux vertébrés de se développer, explique Pablo Guerrero, professeur de botanique à l'université de Concepcion, et chercheur à l'Institut d'écologie et de biodiversité (IEB). « *L'existence de vie dans ces lieux est, en quelque sorte, un évènement fortuit* », indique-t-il, estimant qu'il s'agit d'une région où l'écosystème est « *très fragile* ». « *Toute modification ou diminution du régime des précipitations et de la brume a immédiatement des conséquences sur les espèces qui y vivent* ». Des dizaines d'espèces de fleurs aux dominantes mauves fleurissent ainsi lorsque les précipitations sont supérieures à la moyenne. Leurs graines, enfouies sous le sable, peuvent survivre pendant des décennies en attendant un minimum d'eau pour germer, puis fleurir.

En raison du changement climatique, mais aussi de la pollution et de l'avancée des villes, certaines espèces de cactus ont cependant disparu. « *Il y a des espèces de cactus qui sont considérées comme éteintes. Malheureusement, c'est un phénomène que l'on constate à grande échelle et avec une détérioration systématique ces dernières années* », assure M. Guerrero. La grande majorité des gens voient le désert d'Atacama comme de simples « *collines dénudées* » où le « *lieu d'exploitations minières* », regrette Carmen Serrano,

présidente de l'organisation environnementale « *Raices Endémicas* ». Cette vaste étendue, tantôt rocailleuse, tantôt sablonneuse, abrite les plus grandes mines de cuivre au monde, ainsi que des mines de lithium, deux activités très gourmandes en eaux souterraines.

[© 2022 LaPresse - Tous droits réservés](#)