

# **Atelier - Défi « Vers une microélectronique durable »**

PANAGIOTA MORFOULI, MARIA CHRISTOU, LILIANA PREJBEANU, MANON FOURMANOIR

Institut Polytechnique de Grenoble (Grenoble INP) – PHELMA, MINATEC - 3, Parvis Louis Néel, CS 50257,  
38016 Grenoble Cedex 1

## **TYPE DE SOUMISSION**

Analyse de dispositif

## **RESUME**

Un atelier-défi « Vers une Microélectronique Durable-Créer le smartphone vert de demain » a été organisé le 5 et 12 février 2021 en rassemblant 55 étudiant.e.s de Grenoble INP et de Grenoble Ecole de Management, ainsi qu'une dizaine d'intervenants-experts en micro-électronique et/ou développement durable. Il a été scindé sur deux demi-journées s'adaptant ainsi aux conditions d'enseignement à distance et proposé intégralement en anglais. Ainsi, des étudiant.e.s du Master International Nanotech, de la filière Systèmes Electroniques Intégrés (SEI) de Grenoble INP/Phelma et de Grenoble Ecole de Management (GEM) ont pu participer au workshop à l'aide de différents outils numériques (Zoom & Mural). Diverses activités de groupe ont été proposées ayant pour but de les sensibiliser à la responsabilité environnementale et sociétale dans leurs futures missions d'ingénieurs/managers au sein de la filière microélectronique. La grande innovation de l'évènement a été l'utilisation du jeu sérieux «My IoT» développé au sein du programme CDP «Need For IoT» de l'Idex UGA (<https://need.univ-grenoble-alpes.fr>) et en collaboration avec le programme formation de l'IRT Nanoelec (<https://irtnanoelec.fr>). Le jeu a permis aux étudiant.e.s de rendre visibles les impacts environnementaux et les leviers d'action sur toutes les étapes du cycle de vie d'un produit microélectronique: de l'extraction des matières premières, à la conception, la fabrication et la distribution, jusqu'à l'usage et la fin de vie. Les réflexions ont été menées autour d'un « smartphone vert ». Les étudiant.e.s ont travaillé en petits groupes pour relever le challenge de la conception, dans l'esprit du développement durable d'un smartphone. Les équipes ont été encadrées par des intervenants du monde industriel (ST Microelectronics), du monde académique (UGA et LETI/CEA) et des professeurs de Grenoble INP et de GEM.

## **SUMMARY**

A workshop-challenge "Towards a Sustainable Microelectronics - Creating the green smartphone of tomorrow " was organized on February 5 and 12, 2021, bringing together 55 students from Grenoble INP and Grenoble Ecole de Management, as well as around ten experts. It was spread over two half-days adapted to distance learning conditions and totally offered in English. Thus, students of the International Nanotech Master, of the Integrated Electronic Systems (SEI) program of G INP/Phelma and of Grenoble Ecole de Management (GEM) have participated, using various digital tools (Zoom & Mural), in group activities aimed at making

them aware of environmental and social responsibility in their future missions as engineers / managers in the microelectronics sector. The big innovation of the event was the use of the serious game "My IoT" developed within the program CDP "Need for IoT" of Idex UGA (<https://need.univ-grenoble-alpes.fr>) and in collaboration with the training program of IRT Nanoelec (<https://irtnanoelec.fr>). The game allowed the students to identify the environmental impacts and the levers of action on all stages of the life cycle of a product (a green smartphone): from the extraction of raw materials, to design, manufacturing and distribution and up to the use and end of life of the product. The students worked in small groups to meet the design challenge by applying a sustainable development approach to a smartphone. The teams were supervised by experts from the industry (ST Microelectronics), academic partners (UGA and LETI/CEA), as well as professors from Grenoble INP and GEM.

### **MOTS-CLES (MAXIMUM 5)**

Microélectronique, durabilité, pédagogie innovante, travail collaboratif, jeu sérieux

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

Microelectronics, sustainability, innovative pedagogy, teamwork, serious game

### **REMERCIEMENTS**

Les auteurs tiennent à remercier Laetitia Thomas, ingénieure pédagogique spécialisée en gestion d'innovation en développement durable à l'Université Grenoble Alpes, Emmanuelle Heidsieck, conseillère et ingénieure pédagogique à Grenoble Ecole de Management ainsi que Fanny Poinssotte enseignante à PHELMA et l'équipe PerForm de Grenoble INP, ST Microelectronics et Need for IoT de l'UGA, pour leur soutien et leur assistance tout au long de cet événement ; de la mise en place à la réalisation.

## **1. Présentation du contexte et description du dispositif**

L'organisation de l'atelier digital décrite dans cet article trouve son origine dans la prise de conscience environnementale grandissante parmi nos étudiants (ex : création du collectif « Think What Matters »<sup>1</sup>) et le constat que les réponses proposées par les écoles d'ingénieurs (ou les formations du supérieur) sont encore limitées. Même si des actions sont engagées par nos établissements [1][2] pour répondre aux défis écologiques et sociétaux, l'inclusion des enjeux de la durabilité et de l'impact environnemental et sociétal de la technologie dans nos formations n'est pas suffisamment prise en compte. Pourtant beaucoup d'industries comme celle de la microélectronique (ST Microelectronics) ou de la gestion d'énergie (Schneider

---

<sup>1</sup> 1 Think What Matter est un collectif né à Grenoble en 2019 par de jeunes étudiants ou diplômés d'univers différents (ingénieurs, étudiants en droit, étudiants de Sciences Po), qui vise à organiser des conférences et publier des articles à propos de la transition écologique.

Electric) sont depuis longtemps impliquées dans la réduction de leur impact sur l'environnement et ce sur toutes les phases du cycle de vie de leurs produits [3][4].

Dans ce contexte, Grenoble INP et Grenoble Ecole de Management ont proposé un atelier de deux demi-journées à 55 étudiants de la filière Systèmes Electroniques Intégrés (SEI), du Master international Micro et Nanotechnologies pour les Systèmes Intégrés (Nanotech) et du Master of Science in Business Development. L'objectif de l'atelier est d'apporter des éclaircissements sur différents sujets techniques concernant la microélectronique et son impact environnemental (ex : écoconception, intégration de paramètres environnementaux dans le développement et la fabrication d'un procédé). Aujourd'hui les ingénieurs et les managers en microélectronique doivent jouer un rôle majeur en agissant à leur échelle en tant que citoyens responsables pour limiter ces impacts et créer de nouveaux « éco réflexes » tout en innovant dans ce domaine [5]. L'atelier vise également à stimuler les compétences transversales (comprendre par exemple la complexité du monde dans ses dimensions scientifiques, éthiques et civiques), à initier une évolution des mentalités et des comportements et à introduire une nouvelle façon de travailler/penser en s'appuyant sur une pédagogie agile et innovante. Par ailleurs, en faisant travailler les étudiants en équipe multidisciplinaire, on a cherché à induire un esprit collaboratif et leur engagement.

L'évènement s'appuie sur une démarche co-construite à travers un atelier « Green phone » qui a permis de repenser l'implication et le travail collaboratif de différentes parties prenantes (industriels, chercheurs, étudiants, enseignants) sur une thématique qui les mobilise de plus en plus et qui conditionnera pour beaucoup les métiers de demain.

## **2. Cadre et réalisation de l'atelier**

### **2.1. Déroulement de la première session (5h)**

L'activité commence par une courte introduction par des experts sur la question clé : est-il possible d'apporter du changement dans l'industrie microélectronique ? Des pistes de réflexions autour d'une microélectronique durable et responsable (écoconception, éco production, empreinte carbone, recyclage, fin de vie d'un produit...) sont initiées à partir de l'existant au sein d'un grand groupe industriel : ST Microelectronics. Le contexte est élargi à l'impact environnemental, sociétal, ainsi qu'à la législation qui évolue en redessinant un cadre complexe avec des leviers nécessaires et efficaces.

### 2.1.1. Activité n°1 –Brise-glace, quiz interactif (outil utilisé - Zoom)

Un quiz comprenant 20 questions qui couvrent toutes les étapes du cycle de vie d'un produit microélectronique (matériaux critiques, conception, fabrication, usage, fin de vie, défis commerciaux et sociétaux) est proposé en ligne aux étudiants. Les bonnes réponses et le pourcentage de réussite sont présentés et discutés avec les étudiants et les experts à la fin du quiz.

### 2.1.2. Activité n°2 – Introduction (outils utilisés- Mural et Zoom)

Les étudiants séparés en groupes, doivent identifier les 6 principales étapes, qui correspondent à celles du cycle de vie d'un circuit intégré dans une application, type smartphone : matières premières, développement, fabrication, distribution, usage et fin de vie. Ils doivent également compléter la légende d'une carte du monde représentant les « quatre tours » nécessaires pour fabriquer un smartphone ». Cette activité permet d'initier la discussion sur des points clé : la réparabilité, la fin de vie et le recyclage. Elle permet également de constater que nous sommes encore loin de la logique de l'économie circulaire.

### 2.1.3. Activité n°3 – Approfondissement à l'aide du jeu sérieux de découverte et de réflexion « My IoT » [6] (outils utilisés - Mural et Zoom)

#### 1. Exploration

En ayant mis dans l'ordre les étapes du cycle de vie d'un produit à l'aide des cartes d'impact (Figure 1) les étudiants sont amenés à associer les impacts écologiques et sociétaux à l'étape où ils apparaissent dans le cycle de vie. Le but de cette phase est surtout d'échanger, de discuter et d'approfondir les propositions de chaque carte face à des opportunités, de défis ou des possibles solutions. Enfin, l'exploration fait également ressortir les idées qui surprennent, qui sont importantes ou nouvelles.

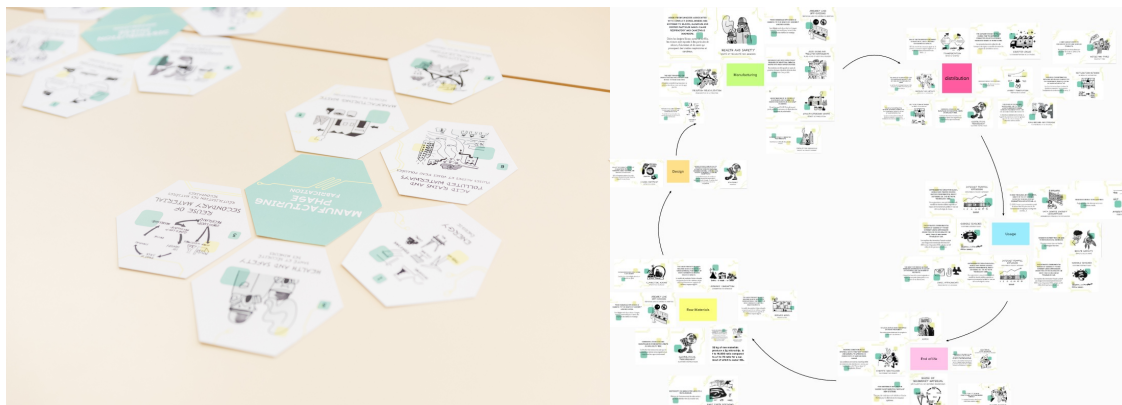


Figure 1 : My IoT - Un jeu sérieux (à gauche la version du jeu en papier, à droite le jeu transposé dans Mural)

## 2. Chaîne de valeur

Chaque groupe synthétise et hiérarchise les défis et les opportunités identifiés à l'étape précédente sur un canevas et place les informations les plus pertinentes à l'étape du cycle de vie correspondant (matières premières, conception, fabrication, distribution, utilisation, fin de vie). L'évaluation de ces défis est basée sur trois axes : le potentiel régénératif, le potentiel économique et le potentiel organisationnel pour relever le défi (Figure 2). A la fin de l'activité, un représentant de chaque groupe présente à l'auditoire le résultat de cette phase. Les experts ajustent éventuellement et restructurent certaines propositions si besoin

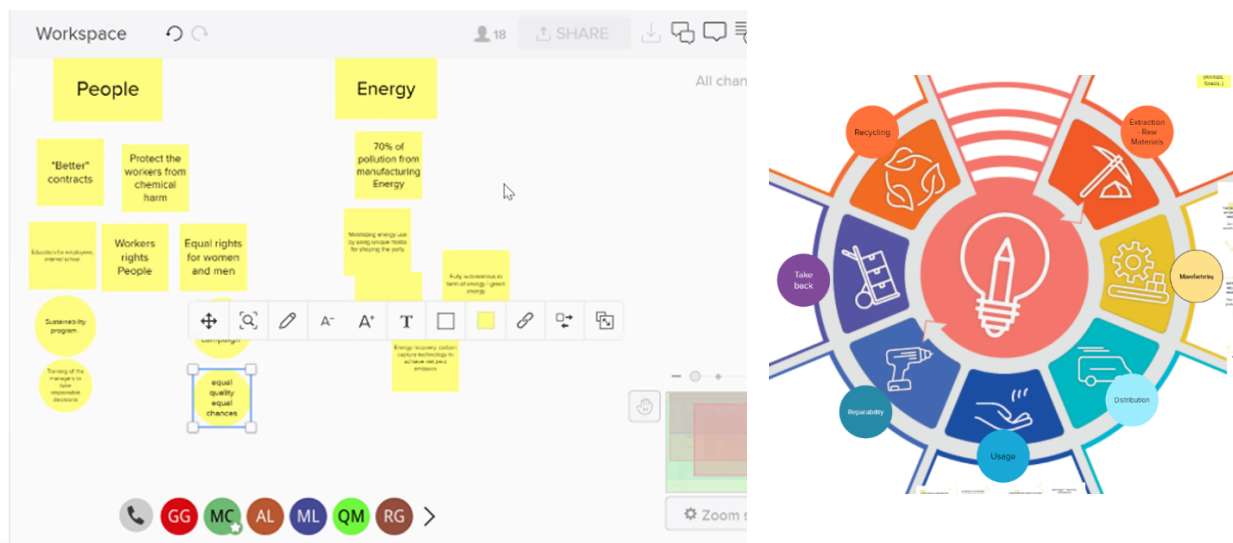


Figure 2 Pictogramme de la chaîne de valeur (à droite) et une copie de l'espace Mural de l'activité (à gauche).

### 2.2. Déroulement de la deuxième session (5h)

Les étapes exploratoires ont préalablement permis de définir clairement le problème pour lequel nous souhaitons trouver des solutions. Durant la deuxième session, les étudiants sont répartis en 6 groupes et sont alors devenus des collaborateurs de l'entreprise Gre2Phone (Grenoble Green Phone). Ils doivent maintenant imaginer et concevoir la nouvelle génération de « Green Phone » durable et en utilisant une technologie de rupture, viable et éthique, contenant une nouvelle génération de microprocesseurs, de mémoires, d'imageurs. Plusieurs aspects doivent être considérés : développer une démarche d'écoconception, se conformer à la législation, être innovant en termes d'impact environnemental ou sociétal. Sans oublier par ailleurs que la technologie doit créer de la valeur pour l'entreprise, les clients et la société.

Ils doivent également respecter les spécifications et les contraintes imposées par le client (incarné par l'un des experts) sur l'ensemble du produit comprenant : les performances

QPES – (Faire) coopérer pour (faire) apprendre

(électrique, consommation, poids, miniaturisation...), le coût, la durée du développement, la durabilité, le recyclage, la conformité législative. Ils doivent donc endosser le rôle d'une équipe d'ingénieurs et managers aguerris et se répartir le travail. À tout moment les étudiants peuvent solliciter l'aide ou l'avis d'un expert en cas de difficulté. La collaboration et le dialogue au sein de l'équipe sont indispensables pour cette phase.

### **2.2.1. Activité n°1 – Outil ecoASIT aide à la conception**

A l'aide de l'outil ecoASIT [7] qui permet de générer des idées créatives, innovantes et compatibles avec les enjeux du développement durable, les étudiants sont amenés à positionner le problème qu'ils ont à résoudre dans l'axe le plus favorable en intégrant les exigences du développement durable dans le cycle de vie du produit et en mobilisant des solutions autour des changements de comportement et d'usage.

### **2.2.2. Activité n°2 – Introduction à l'économie circulaire - Circular Canvas**

L'économie circulaire apparaît comme une source de grandes opportunités économiques, environnementales et sociales. Néanmoins, lorsqu'il faut agir, les entreprises ont du mal à identifier les marges de progrès. Concevoir le « Green phone » en tenant compte de l'écosystème environnant, est donc plus facile en s'appuyant sur la toile circulaire. Les groupes synthétisent ainsi les principaux acteurs et ressources nécessaires au bon fonctionnement du « business model » et de ses impacts.

### **2.2.3. Activité n°3 - Restitution**

Les étudiants présentent leurs travaux devant un jury constitué des experts, du client et des enseignants. Ils peuvent s'appuyer sur différents outils (mural, zoom) et supports (fichier .ppt, diagramme SWOT, notes personnelles...). L'ensemble du projet doit être présenté en quelques minutes et de manière synthétique par le rapporteur désigné communément par tous les groupes. Chaque étape est présentée par la suite, de manière plus détaillée, par les membres de chaque groupe en charge. Un temps de retour, d'analyse et de discussion avec le jury clôture la session.

L'évaluation finale du travail effectué par chaque groupe a été basée sur 5 critères : l'innovation, les compétences techniques, les compétences en communication orale/écrite du groupe, la gestion du groupe (discussions/échanges) et la gestion du temps.

## **3. Objectifs et apports de l'évènement**

Les principaux objectifs et apports de ce workshop sont :

- Stimuler l'innovation collaborative en développant les dynamiques de compétences individuelles et collectives de jeunes talents (futurs ingénieurs et/ou managers) à l'aide des experts industriels et académiques, en particulier à l'interface entre applications et marchés ;
- Faire émerger de nouveaux comportements et de nouvelles pratiques d'innovation, avec une attention particulière portée aux questions d'agilité, de collaboration, d'esprit entrepreneurial et d'impact durable ;
- Développer de nouvelles modalités d'apprentissage par l'expérience (immersion, expérimentation, collaboration transversale et intergénérationnelle);
- Initier des communautés d'apprentissage, qui sont un levier d'engagement fort dans le développement durable et la responsabilité citoyenne ;
- Donner du sens aux apprentissages, en lien avec les enjeux sociétaux et environnementaux auxquels les étudiants sont confrontés aujourd'hui en tant que citoyens, et demain en tant que professionnels ;
- Permettre aux étudiants d'exprimer leur voix de manière créative et convaincante.

L'utilisation du jeu sérieux My IoT pour miser sur l'action et l'interaction a permis de susciter un intérêt accru chez nos étudiants et des attitudes positives en rendant ludique l'apprentissage. La coopération et la communication comme par ailleurs les capacités à prendre des décisions, à comprendre un problème et à poser des hypothèses de solutions ont été favorisées par des scénarios et des questionnements sur lesquels tous les étudiants ont été amenés à travailler ensemble.

Pour cet atelier-défi, la constitution d'une base de documents supports a facilité l'accès des étudiants à l'information pertinente et adéquate aux activités proposées.

#### **4. Bilan et évaluation**

L'esprit collaboratif et le travail en équipes multidisciplinaires, la confrontation et la réflexion autour des sujets et des défis proches de la réalité industrielle et sociétale ont largement contribué au succès de l'évènement. Le bilan critique de cette expérience a été réalisé sur la base de deux évaluations différentes : (i) le point de vue des étudiants obtenus au travers d'une enquête effectuée après les deux sessions. Cette enquête, totalement anonyme, est constituée de 7 questions fermées et 8 questions ouvertes. (ii) le point de vue des enseignants et des experts

ayant encadré et assisté les étudiants. Nous avons récolté au total 32 réponses d'étudiants et de 7 d'experts.

#### **4.1. Analyse des réponses des étudiants**

L'appréciation générale de l'événement est très bonne avec 28 étudiants sur 32 répondants, qualifiant l'atelier comme « bon » ou « très bon ».

Pour les autres questions fermées visant les impressions générales, nous les avons réunies dans le graphique de la (Figure 3).

À la première question concernant l'appréciation du contenu de l'atelier, 31 l'ont trouvé « très intéressant ». À la deuxième question sur la gestion du temps et des activités, 23 ont répondu qu'elle était « plutôt satisfaisante ». Les échanges entre étudiants et avec les experts ont été jugés fructueux par 29 des 32 répondants. 23 étudiants ont trouvé des réponses à leurs questionnements grâce à cet atelier et 25 ont répondu que cet atelier leur a permis de changer de vision ou des pratiques dans l'exercice futur de leur métier. Enfin, en conclusion, 26 répondants recommanderaient cet atelier.

Quelques tendances communes ressortent de l'analyse des questions ouvertes posées aux étudiants. Plusieurs répondants ont noté que la qualité principale de l'atelier était l'interactivité entre étudiants et experts. Plusieurs ont répondu avoir apprécié la bonne qualité du contenu, ainsi que le travail en groupe. Les étudiants ont exprimé leur regret par rapport au format en ligne de l'atelier, mais aussi du manque de temps ressenti pour les activités.

Presque tous les étudiants se sont sentis à l'aise pour s'exprimer, surtout pendant le travail en groupe. Les différentes activités ont été très appréciées et les moments de brainstormings collectifs ont obtenus des retours positifs. Ils ont par ailleurs beaucoup apprécié la réflexion autour de l'application « green smartphone » ainsi que le temps de présentation de leur solution devant les experts.

Ces réponses confirment que l'évènement a répondu en grande partie aux attentes des étudiants, en les rendant actifs dans leur apprentissage et en s'appuyant sur les échanges entre pairs et avec des experts du domaine autour de la question de l'électronique durable. Par les différentes mises en situations proche du terrain, les apports de contenu et les retours d'expériences des experts, cet atelier a permis de donner dans un temps imparti du sens aux apprentissages, en lien avec les enjeux sociétaux et environnementaux auxquels les étudiants sont confrontés. Le fait que les étudiants aient déclaré avoir apprécié les activités collaboratives, ainsi que leur



adaptation rapide aux différents défis, confirment la réussite de l'atelier comme moyen de développer des capacités d'agilité et de collaboration.

Enfin, les réponses quasi-unanimes sur la possibilité de s'exprimer librement, d'échanger et de chercher des solutions créatives au sein de l'équipe, avec les autres équipes et avec des experts, conforte l'appréciation de l'atelier comme une activité pédagogique permettant aux étudiants d'exprimer leur voix de manière créative et convaincante.

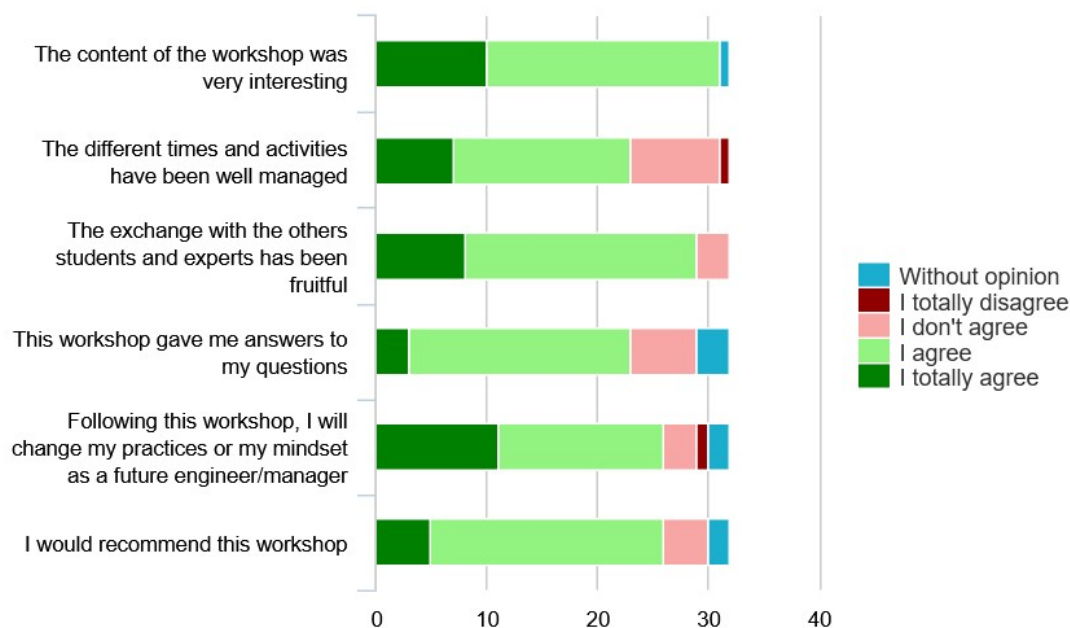


Figure 3 : Questions fermées sur des Impressions générales.

## 4.2. Analyse des réponses des experts

Quant aux experts et aux enseignants, la qualité des échanges entre les étudiants, leur motivation, leur engagement et leur réflexion ont été jugées au-delà de leurs attentes et ceci, malgré un rythme très soutenu durant les sessions. Ils ont beaucoup apprécié le fait que les étudiants se soient retrouvés dans la peau d'un ingénieur et ou un manager, confrontés à des problématiques concrètes et industrielles.

Les interactions des étudiants avec des experts du domaine ont réellement permis la stimulation des réflexions innovantes et favorisé les compétences des futurs ingénieurs et/ou managers, tout en leur rappelant l'ancrage concret dans le monde professionnel. Les témoignages des experts montrent aussi que les activités de l'atelier favorisent les comportements qui considèrent les impacts globaux afin de faire émerger des pratiques durables.

### **4.3. L'enjeu du distanciel pour l'équipe pédagogique**

Cet événement a été réalisé en distanciel en raison de la situation liée à la pandémie. Cette configuration était pour l'équipe pédagogique un enjeu majeur auquel il a fallu trouver des solutions adéquates. Nous avons conçu l'ensemble des parties de l'atelier en prenant en compte, dès le début, les modalités et les outils disponibles pour l'enseignement à distance.

Nous avons plus particulièrement relevé que l'usage des outils collaboratifs a été jugé réussi par les étudiants et les experts. En même temps, nous avons noté qu'il existait une difficulté notable dans l'évaluation de l'implication de certains étudiants. La modalité à distance accentuait la variation d'implication des étudiants, certains manifestant un grand engagement, d'autres apparaissant moins réactifs. Cette observation reste courante. Cependant, l'enjeu se situe sur la difficulté de les mobiliser. Il ressort des témoignages que l'énergie déployée par les experts pour mobiliser les étudiants ne trouve pas toujours de retour.

La conception et la réalisation de cet atelier à distance a mobilisé une équipe pédagogique complète (2 ingénieurs pédagogiques, 3 enseignants ainsi que les ressources du centre de pédagogie de G-INP, PerForm) pour mettre en place de nouvelles modalités d'apprentissage par expérience (défis d'éco-conception, jeu sérieux) ainsi que des techniques multiples en employant diverses méthodes (travail en petit groupe, en plénière, quizz, mur collaboratif, etc.).

### **4.4. Conclusions**

L'atelier-défi « Vers une Microélectronique durable » a été réalisé en guise d'introduction et de sensibilisation des étudiants aux enjeux environnementaux et sociétaux des technologies responsables. Ces enjeux s'avèrent être un thème motivant et fédérateur pour les jeunes. Ainsi l'atelier a permis d'aiguiser leur curiosité, tout en leur montrant une nouvelle approche qui les encourage à réfléchir par eux-mêmes et à travailler collectivement pour faire émerger des idées éco-innovantes.

Les étudiants se sont rendu compte que collaborer, tant entre eux qu'avec différents partenaires du secteur, les amènent plus facilement à proposer des solutions qui ne sont pas simplement techniques, mais beaucoup plus systémiques. Il est ainsi possible de surmonter beaucoup de difficultés, comme par exemple la gestion de la chaîne d'approvisionnement et de la fabrication, l'extraction éthique des matières premières, l'énergie utilisée et consommée, la réparabilité, le recyclage, l'obsolescence programmée.

Ce type d'activité amène du concret dans cette mouvance vers le changement des technologies car les étudiants ont la possibilité d'échanger avec des experts qui œuvrent pour ce changement. Le fait de réfléchir autour d'un « smartphone » - application indispensable pour leur vie quotidienne - a sans doute déclenché des réflexions tangibles, qui on l'espère, suscitera des vocations à l'avenir.

### **Communication/Valorisation**

- a) Module de sensibilisation à l'électronique durable, le témoignage de Titouan Matheret, étudiante du Master Nanotech (<https://www.youtube.com/watch?v=mppU4BhIo-k>)
- b) 1 Mars 2021/ publication interne sur le site de PHELMA/Grenoble INP : Une journée de sensibilisation à l'électronique durable
- c) 21 Avril 2021/ publication interne IRT Nanoelec  
<https://www.linkedin.com/feed/update/urn:li:activity:6790542074748964864/>
- d) 16 Avril 2021/publication interne ST Microelectronics  
[https://www.linkedin.com/feed/update/urn:li:activity:6788817849910652928/?updateEntityUrn=urn%3Ali%3Afs\\_feedUpdate%3A%28V2%2Curn%3Ali%3Aactivity%3A6788817849910652928%29](https://www.linkedin.com/feed/update/urn:li:activity:6788817849910652928/?updateEntityUrn=urn%3Ali%3Afs_feedUpdate%3A%28V2%2Curn%3Ali%3Aactivity%3A6788817849910652928%29)

### **Références bibliographiques**

- [1] L'Accord de Grenoble signé par Grenoble INP – UGA <https://www.grenoble-inp.fr/fr/l-institut/transitions-socio-ecologiques-grenoble-inp-%E2%80%93-uga-signe-laccord-de-grenoble>
- [2] Schéma directeur RSE de l'UGA <https://www.univ-grenoble-alpes.fr/universite/les-engagements-societaux-et-environnementaux/>
- [3] ST Microelectronics, 2020 Sustainability Report <https://sustainabilityreports.st.com/sr20>
- [4] Guide to Greener Electronics 2017 <https://www.greenpeace.org/usa/reports/greener-electronics-2017>
- [5] Le guide des « Objectifs de développement durable, quelles contributions des métiers de l'ESR en France ? » [http://www.cpu.fr/wp-content/uploads/2018/06/GUIDE20Version\\_A5\\_1.2.pdf](http://www.cpu.fr/wp-content/uploads/2018/06/GUIDE20Version_A5_1.2.pdf)
- [6] My IoT - Un jeu sérieux <https://need.univ-grenoble-alpes.fr/need-world/need-news/coming-soon-downloadable-version-of-my-iot-a-discovery-game--851858.htm?RH=1524497350748>
- [7] EcoASIT – un outil d'aide à la conception <https://www.ecoasit.com>