



Module 1

*Ingénierie Holistique pour
L'impact: Intégrer la Pensée
Systémique, la Responsabilité
Sociale et les Approches
Multidisciplinaires*

*Institut Mines-Télécom
Business School (IMTBS)*



Co-funded by
the European Union

01 Ingénierie holistique pour l'impact 4

- Temps à consacrer 4
- Compétences 4
- Alignement avec les ODD 5
- Compétences et connaissances 6
- Table matrice 7
- Approches pédagogiques appliquées dans ce module 8
- Table matrice des pédagogies 9

02 C10 : Environnement, société et économie interconnectées 10

- Résultats d'apprentissage attendus 10
- **Activité 1 Niveau basique** 11
 - Introduction à la pensée systémique et au cycle de vie
- **Activité 2 Niveau avancé** 12
 - Cartographie systémique
- **Activité 3 Activité d'intégration** 13
 - La cartographie du système global en pratique
- Méthodologies pédagogiques appliquées 14
- Références directes 15
- Évaluation Niveau 1 – Basique 16

03 C11 : Responsabilité éthique et sociale 18

- Résultats d'apprentissage attendus 18
- **Activité 1 Niveau basique** 19
 - L'ingénierie et son impact élargi
- **Activité 2 Niveau avancée** 21
 - Responsabilité sociale et le standard SA8000
- **Activité 3 Activité d'intégration** 24
 - Éthique et responsabilité sociale en pratique
- Évaluation Niveau 1 – Basique 27
- Références directes 29
- Méthodologies pédagogiques appliquées 30

04 C12 : Perspective culturelle et multidisciplinaire 31

- Résultats d'apprentissage attendus 31
- **Activité 1 Niveau basique** 32
 - Défis urbains sous plusieurs perspectives
- **Activité 2 Niveau avancé** 33
 - Durabilité des smartphones sous plusieurs perspectives
- **Activité 3 Activité d'intégration** 34
 - Réduction du plastique sur le campus
- Évaluation Niveau 1 – Basique 36
- Références Directes 38
- Méthodologies pédagogiques appliquées 39



Module 1

Ingénierie Holistique pour L'impact: Intégrer la Pensée Systémique, la Responsabilité Sociale et les Approches Multidisciplinaires

M1 Objectif D'apprentissage

Les étudiants développeront la capacité d'évaluer de manière critique et de concevoir des solutions d'ingénierie durables en appliquant la pensée systémique, en intégrant la responsabilité sociale et en mobilisant des perspectives multidisciplinaires.

Ils apprendront à reconnaître les interconnexions complexes entre les facteurs environnementaux, sociaux et économiques, et à y répondre avec des approches éthiques et sensibles au contexte.

Ce module explore comment les ingénieurs peuvent relever les défis du développement durable grâce à la pensée systémique, la responsabilité éthique et la collaboration interdisciplinaire.

Les étudiants analyseront des problèmes réels, évalueront les compromis, et utiliseront des outils et cadres favorisant des solutions d'ingénierie socialement justes, écologiquement responsables et pertinentes à l'échelle mondiale.

Temps à consacrer

Le temps que l'étudiant doit consacrer pour compléter l'ensemble des niveaux d'activités est compris entre 5 heures 15 minutes et 9 heures, si tous les niveaux d'activités sont réalisés.

Module	Compétences	Minutes	Minutes	Heures
	Compétence 1	105 - 180		
	Compétence 2	105 - 180	315 - 540	5, 15' - 9
	Compétence 3	105 - 180		

Le temps que l'étudiant doit consacrer pour compléter l'ensemble des niveaux d'activités est compris entre 5 heures 15 minutes et 9 heures, si tous les niveaux d'activités sont réalisés.

Niveaux des Modules	Level 1 Basique	45' - 90'
	Level 2 Avancé	90' - 180'
	Activité d'intégration	180' - 270'

Compétences

C10: INTERCONNEXIONS ENTRE ENVIRONNEMENT, SOCIÉTÉ ET ÉCONOMIE

Capacité à appliquer la pensée systémique à l'ingénierie durable en reconnaissant et en abordant les interconnexions entre les facteurs environnementaux, sociaux et économiques, tout en concevant des solutions respectant les limites planétaires et tenant compte de la disponibilité limitée des ressources. *Les étudiants apprendront à comprendre et à répondre à des défis complexes de durabilité en identifiant les interconnexions entre les dimensions environnementales, sociales et économiques. En utilisant des outils tels que l'analyse du cycle de vie et la cartographie des systèmes, ils évalueront les compromis, anticiperont les conséquences non souhaitées et concevront des solutions tenant compte des impacts à court et long terme.*

C11: RESPONSABILITÉ ÉTHIQUE ET SOCIALE

Capacité à intégrer l'éthique et la responsabilité sociale dans les décisions en matière de durabilité, en tenant compte de la justice environnementale, de la responsabilité des entreprises et de l'équité sociale. *Les étudiants développeront la capacité d'intégrer les dimensions éthiques et sociales dans les décisions d'ingénierie. Ils exploreront des thématiques telles que la justice environnementale, la responsabilité des entreprises et l'équité sociale, en apprenant à évaluer comment les pratiques d'ingénierie affectent les travailleurs, les communautés et les populations vulnérables, et à concevoir des solutions équitables et inclusives.*

C12: PERSPECTIVES CULTURELLES ET MULTIDISCIPLINAIRES

Capacité à intégrer des perspectives culturelles et multidisciplinaires dans les solutions durables, y compris des savoirs autochtones, afin de créer des réponses pertinentes à l'échelle mondiale. *Les étudiants apprendront à mobiliser des connaissances issues de disciplines variées (économie, sociologie, sciences de l'environnement, etc.) pour éclairer la conception durable. Ils s'exerceront à travailler avec des perspectives diverses pour proposer des solutions culturellement et socialement pertinentes, reconnaissant que les défis mondiaux complexes exigent des approches interdisciplinaires.*

Alignement avec les ODD

Les compétences développées dans ce module s'alignent sur les ODD de l'Agenda 2030:

- ODD 4 Éducation de qualité:** Une formation éthique en ingénierie favorise la pensée critique et l'alphabétisation en matière de durabilité.
- ODD 7 Énergie propre et d'un coût abordable:** Approches éthiques et systémiques pour concevoir des solutions énergétiques équitables.
- ODD 9 Industrie, innovation et infrastructure:** La pensée critique systémique soutient des infrastructures durables et inclusives.
- ODD 10 Réduction des inégalités:** L'ingénierie responsable veille à une répartition équitable des bénéfices et des impacts technologiques.
- ODD 11 Villes et communautés durables:** Conception de systèmes urbains éthiques et inclusifs fondée sur des savoirs variés.
- ODD 12 Consommation et production responsables:** L'analyse critique des chaînes de valeur favorise des pratiques circulaires et durables.
- ODD 13 Lutte contre les changements climatiques:** La pensée systémique et la responsabilité éthique sont essentielles pour des solutions globales.
- ODD 16 Paix, justice et institutions efficaces:** L'éthique en ingénierie soutient l'intégrité, la transparence et la justice institutionnelles.
- ODD 17 Partenariats pour les objectifs:** Les défis de durabilité exigent la collaboration interdisciplinaire et éthique à toutes les échelles.

Compétences et connaissances

Compétences

S14 RÉOLUTION DE PROBLÈMES

Compétences en résolution de problèmes complexes.

S15 PENSÉE CRITIQUE

Compétences en pensée critique

S16 PROSPECTIVE

Compétences pour la prospective stratégique et la planification de scénarios

S19 PARTICIPATION

Compétences pour générer l'engagement des parties prenantes, négocier et gérer les conflits

S20 COLLABORATION

Compétences pour collaborer avec diverses parties prenantes et disciplines

S21 COMMUNICATION

Compétences pour communiquer efficacement avec différents publics

S26 PENSÉE SYSTEMIQUE

Compétences pour appliquer la pensée systémique

S27 MULTIDISCIPLINARITÉ

Compétences pour travailler dans des environnements et approches multidisciplinaires

S28 ÉTHIQUE

Compétences pour intégrer une approche éthique dans la résolution de problèmes

S29 EMPATHIE

Compétences pour comprendre les besoins des utilisateurs et améliorer la qualité de vie

Connaissances

K01 CONTEXTE

Évolution de la durabilité et des ODD

K02 LES ODD

Lien entre l'ingénierie, la durabilité et les ODD

K04 GLOBALE

Influences géopolitiques et économiques sur la durabilité

K07 SOCIÉTÉ

Interaction entre durabilité et systèmes sociaux

K10 BONNES PRATIQUES

Bonnes pratiques en matière de durabilité dans les projets d'ingénierie

Table matrice

Compétences et connaissances

Compétences transversales		C10	C11	C12
RÉSOLUTIONS DE PROBLÈMES	S14			
PENSÉE CRITIQUE	S15			
Connaissances		C10	C11	C12
CONTEXTE	K01			
LES ODD	K02			
LIMITES	K03			
MENACES	K05			
SOCIÉTÉ	K07			

Approches pédagogiques appliquées dans ce module:

Ce module emploie un ensemble hybride de méthodologies d'enseignement innovantes, centrées sur l'étudiant, pour développer les compétences transversales nécessaires au leadership durable en ingénierie. Chaque méthode est soigneusement sélectionnée pour correspondre au niveau et à la nature des activités d'apprentissage, permettant aux étudiants de s'engager dans les défis de durabilité à travers l'analyse critique, le raisonnement éthique, la résolution collaborative de problèmes et la planification stratégique appliquée.

- P01 Apprentissage par problèmes (APP) :** Les étudiant·e·s résolvent en groupe des défis réels liés au développement durable.
- P02 Apprentissage par études de cas :** Les étudiant·e·s analysent des cas pratiques d'ingénierie comportant des dilemmes en matière de durabilité.
- P04 Jeux de rôle et simulations:** Les étudiant·e·s incarnent différents acteurs dans des négociations multipartites (ex. : planification durable, accords climatiques).
- P05 Séminaire socratique / Débat** Utilisé pour analyser de manière critique des enjeux controversés liés au développement durable.
- P10 Ludification (Gamification)** Utilisation de points, badges ou scénarios pour stimuler l'engagement autour des thématiques de durabilité.
- P12 WebQuests / Recherche guidée** Les étudiant·e·s utilisent des ressources en ligne sélectionnées pour explorer et présenter des thématiques liées à la durabilité.
- P14 Apprentissage par défis:** Travail en équipe sur des problématiques concrètes liées aux ODD, mobilisant des approches interdisciplinaires.
- P15 Apprentissage & évaluation par les pairs:** Les étudiant·e·s s'entraident ou s'évaluent mutuellement pour développer et améliorer des idées ou projets.
- P17 Apprentissage par investigation** Les étudiant·e·s formulent des questions et explorent des problématiques d'ingénierie liées aux ODD en suivant une démarche d'enquête.
- P19 Pratique réflexive / Journaux d'apprentissage** Les étudiant·e·s documentent leur processus d'apprentissage et le développement d'une posture axée sur la durabilité.
- P20 Exercices de pensée systémique:** Utilisation d'outils visuels (boucles causales, cartes de systèmes) pour explorer les interconnexions entre les ODD.

Table matrice

Tableau des pédagogies

Méthodologies pédagogiques		C10	C11	C12
Apprentissage par problèmes	P01			
Apprentissage par étude de cas	P02			
Design Thinking	P03			
Jeux de rôle et simulations	P04			
Micro-apprentissage	P09			
Narration créative & numérique	P11			
Apprentissage par défis	P14			
Apprentissage & évaluation par les pairs	P15			
Apprentissage par projets	P16			
Pratique réflexive / journaux d'apprentissage	P19			
	P20			

Résultats d'apprentissage attendus

Après avoir terminé les activités de base, les étudiants seront capables d'expliquer l'interdépendance entre les actions humaines et leurs impacts sociaux et environnementaux à l'échelle mondiale (positifs et négatifs), ainsi que la manière dont les conceptions et interventions humaines dépendent des systèmes écologiques et sociaux, tout en y étant intégrées. À l'issue des activités avancées, les étudiants seront en mesure d'identifier et d'appliquer les concepts pertinents issus des disciplines requises à l'analyse de problèmes concrets et de leurs solutions, en tenant compte, avec empathie et éthique, des communautés et sociétés concernées, de la justice environnementale et de la diversité culturelle.

Compétences transversales



PARTICIPATION



PENSÉE CRITIQUE



RÉSOLUTION DE
PROBLÈMES

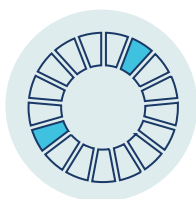


SYSTEMIC



ETHIQUE

Connaissances



LES ODD



ENVIRONNEMENT



SOCIÉTÉ



MENACES

Activité 1 Niveau basique : Introduction à la pensée systémique et au cycle de vie

INTRODUCTION

Les étudiants apprendront à comprendre les liens entre actions humaines et systèmes sociaux/environnementaux. Grâce à la méthode de Whole System Mapping, ils seront initiés à une pensée systémique et à de nouvelles façons de mesurer l'impact.

INSTRUCTIONS POUR LES ÉTUDIANTS

1. **Visionnez la vidéo: «Whole Systems Design: Introduction to Life Cycle Thinking»** (6 minutes).
2. **Discutez en classe** à partir des questions proposées ci-dessous.

M1_C10_A1_R1_T1

DESCRIPTION (15 - 30 min)

Commencez par faire visionner à vos étudiants la vidéo **«Whole Systems Design: Introduction to Life Cycle Thinking»** (6 minutes), qui introduit la pensée systémique. Ensuite, animez une discussion en classe à l'aide des questions suivantes:

1. La vidéo présente l'idée de considérer l'ensemble du système. En prenant l'exemple du sèche-linge, que nous montre la vidéo à propos de ce qui est inclus dans le « système », au-delà du simple appareil? Pourquoi est-il important d'élargir la définition du problème pour inclure un système plus vaste (comme la façon dont les vêtements se salissent, sont lavés, puis séchés) afin de trouver des solutions durables ?

Cette question invite les étudiants à se souvenir de la manière dont les limites du système sont élargies, ainsi que des raisons de cette approche.

2. La vidéo insiste sur la nécessité de prendre en compte l'ensemble du cycle de vie d'un produit ou d'un service. Quelles sont les étapes du cycle de vie d'un produit mentionnées dans la vidéo qui ont un impact environnemental? Selon la vidéo, en quoi l'analyse du cycle de vie complet — par exemple à l'aide d'une méthode comme l'Analyse du Cycle de Vie (ACV) — aide-t-elle les ingénieurs à cibler leurs efforts pour améliorer la durabilité ?

Cette question met en lumière le concept de cycle de vie et son utilité pour hiérarchiser les actions selon leur impact.

3. La vidéo suggère que l'approche systémique et l'analyse du cycle de vie peuvent conduire à des solutions plus innovantes. Pouvez-vous décrire l'exemple donné où la solution pour rendre un sèche-linge plus durable a été trouvée... en modifiant la machine à laver? Pourquoi le fait de réfléchir au système dans son ensemble, au-delà du sèche-linge, a-t-il permis d'aboutir à cette solution? Et quels autres types d'idées « radicales » la vidéo évoque-t-elle comme pouvant émerger de cette manière de penser élargie ?

Cette question établit un lien entre pensée systémique, cycle de vie et innovation — en particulier les solutions non évidentes mais prometteuses.

Activité 2 Niveau avancé : Cartographie systémique

INTRODUCTION

Dans cette leçon, les étudiants apprendront à utiliser la cartographie systémique (Whole System Mapping) pour identifier des opportunités de durabilité tout au long du cycle de vie et du contexte d'un produit. En analysant les éléments du système, en établissant des priorités et en cartographiant des solutions, les étudiants s'exerceront à appliquer la pensée systémique pour concevoir des solutions d'ingénierie innovantes et responsables.

INSTRUCTIONS POUR LES ÉTUDIANTS

1. Visionnez la vidéo: « Whole System Mapping – Deep Dive » (30 minutes).
2. Travaillez en groupe pour discuter les questions suivantes.

M1_C10_A2_R1_T2

DESCRIPTION (45-60 min)

Commencez par demander aux étudiants de regarder la vidéo sur la cartographie systémique (Whole System Mapping) (30 minutes). Animez ensuite une discussion en classe ou répartissez les étudiants en petits groupes pour discuter des questions suivantes (15 à 30 minutes):

- Selon la vidéo, quel est l'objectif global de la cartographie systémique, et comment cette méthode peut-elle transformer la durabilité d'un fardeau en outil d'innovation ?
- Dans la première activité, « Dessiner la carte du système », quels types d'éléments (au-delà des simples pièces physiques ou de la "liste des matériaux") sont inclus dans la carte pour un produit comme le réfrigérateur ? Pourquoi est-il important d'y intégrer le cycle de vie complet (des matières premières à la fin de vie), l'interaction avec l'utilisateur, ainsi que d'autres objets utilisés conjointement avec le produit ?
- La vidéo met l'accent sur l'ajout de connexions (flèches) dans la carte du système. Que représentent ces connexions dans l'exemple du réfrigérateur, et pourquoi pensez-vous qu'il est utile de visualiser ces liens pour mieux comprendre le système ?
- Dans la deuxième activité, « Définir les priorités », la vidéo recommande d'utiliser des outils comme l'Analyse du Cycle de Vie (ACV). Quelles informations l'ACV ou des grilles d'évaluation similaires apportent-elles pour cette étape ?

La vidéo insiste sur la prise en compte de différentes priorités : durabilité, mais aussi besoins des utilisateurs ou exigences commerciales. Pourquoi est-il important de considérer ces deux types de priorités ensemble ?

- Dans la troisième activité, « Générer des idées de solutions sur la carte du système », comment le fait de positionner directement les idées sur la carte permet-il de rendre le remue-ménages à la fois plus « approfondi » et plus « radical » ? Pouvez-vous vous rappeler un exemple donné dans la vidéo d'une idée jugée « radicale », et comment cette idée consistait à éliminer certains éléments de la carte ?
- Enfin, dans la phase « Choisir les meilleures idées », comment les priorités établies plus tôt dans le processus sont-elles utilisées pour évaluer les idées générées ? La vidéo montre l'utilisation d'une matrice de décision. Quelles sont les informations clés que cette matrice contient (au-delà des idées elles-mêmes), et comment aide-t-elle à comparer les solutions possibles ?
- La vidéo précise que la matrice de décision est un outil pour stimuler la réflexion critique, et non une méthode à appliquer « aveuglément ». D'après les exemples montrés (comme la porte vitrée ou l'isolation par panneaux sous vide), quels éléments pourraient vous amener à remettre en question les scores initiaux ou à combiner plusieurs idées ?

Si souhaité, vous pouvez assigner une ou plusieurs de ces questions en devoir individuel à la maison.

Activité 3 Activité d'intégration : La cartographie du système global en pratique

INTRODUCTION

Dans cette activité, les étudiant·es travailleront en groupes pour appliquer la méthode de Cartographie du Système Global à un produit ou service réel. Ils créeront une carte visuelle du système, identifieront les priorités clés en utilisant la pensée du cycle de vie, proposeront des améliorations potentielles, et évalueront les solutions en fonction des objectifs de durabilité. Cette activité pratique renforce les compétences en pensée systémique et aide les étudiant·es à concevoir des solutions d'ingénierie plus innovantes et responsables.

INSTRUCTIONS POUR LES ÉTUDIANTS

1. Si ce n'est pas encore fait, visionnez la vidéo "Whole System Mapping – Deep Dive" (30 minutes, facultatif).
2. Créez une carte du produit ou service
3. Utilisez une Analyse du Cycle de Vie (ACV) pour fixer une priorité environnementale, économique ou sociale (par exemple : réduire le coût environnemental d'un projet de construction), et équilibrez-la avec les deux autres dimensions
4. Faites un brainstorming sur la carte du système afin d'encourager une idéation approfondie et radicale
5. Présentez votre travail à la classe et votez pour la carte du système la plus convaincante

M1_C10_A3_R1_T3

DESCRIPTION (60-90 min)

Divisez la classe en groupes pour effectuer l'exercice de cartographie du système global. Si vous n'avez pas encore diffusé la vidéo "Deep Dive", commencez par cela (30 minutes). Sinon, introduisez la méthode de cartographie vous-même.

M1_C10_A3_R1_T4

Commencez soit par une description de la méthode de **Cartographie du Système Global**, soit en utilisant la vidéo fournie pour l'introduire à votre place. Les quatre étapes de l'exercice de cartographie sont les suivantes (30 à 60 minutes) :

1. Cartographier visuellement le produit ou service dans son système global.
2. Utiliser une ACV pour définir une priorité (environnementale, sociale ou économique) et équilibrer les autres dimensions.
3. Faire un brainstorming directement sur la carte pour générer des idées à la fois approfondies et radicales.
4. Choisir la meilleure idée en fonction des priorités du cours et de l'évaluation des performances potentielles.

Selon la flexibilité de votre cours, l'exercice peut être condensé en 30–60 minutes ou étendu jusqu'à 90 minutes. Vous pouvez aussi assigner le brainstorming initial (niveau 1 – activité basique) en devoir pour en discuter en classe lors de la séance suivante. L'exercice de cartographie peut également être réalisé en dehors de la classe comme devoir ou projet.

Évaluation Niveau 1 – Basique

Répondes à toutes les questions suivantes:

1. *Vrai ou Faux: Selon la vidéo, la pensée systémique et la pensée en cycle de vie sont les deux principes globaux les plus importants de la conception durable.*
2. *Selon la vidéo, quelle est la première étape avant de se concentrer sur les solutions finales de conception?*
 - a) Faire un brainstorming d'idées innovantes.
 - b) Redéfinir plus en profondeur le problème en regardant l'ensemble du système.
 - c) Comparer les solutions possibles avec des critères.
 - d) Quantifier les impacts environnementaux avec une ACV.
3. *Vrai ou Faux: Dans l'exemple du sèche-linge, regarder le « système global » implique d'élargir la réflexion pour inclure tout le processus de salissure, lavage et séchage des vêtements.*
4. *Vrai ou Faux: La vidéo suggère que recueillir les points de vue de personnes telles que les experts en marketing ou en production est utile pour comprendre et cadrer le problème de conception.*
5. *Lequel des éléments suivants n'est PAS listé dans la vidéo comme une étape du cycle de vie d'un produit ayant des impacts environnementaux?*
 - a) Fabrication
 - b) Distribution
 - c) Marketing
 - d) Utilisation
 - e) Élimination
6. *Selon la vidéo, quelle est la méthode la plus approfondie pour mesurer les impacts environnementaux sur tout le cycle de vie?*
 - a) Faire un brainstorming.
 - b) Fixer les priorités en fonction des coûts.
 - c) L'Analyse du Cycle de Vie (ACV).
 - d) Recueillir les points de vue des utilisateurs.

Évaluation – Niveau I Basique

Répondez a toutes les questions suivantes

- 7.** *Dans l'exemple du sèche-linge, où a-t-on identifié le plus grand potentiel d'amélioration environnementale ?*
- a) Réduire les déchets lors de l'élimination.
 - b) Utiliser moins de matières premières lors de la fabrication.
 - c) Réduire la consommation d'énergie pendant la durée de vie du sèche-linge.
 - d) Diminuer la pollution de l'eau pendant le lavage.
- 8.** *Vrai ou Faux : Repenser le système global permet de trouver des solutions innovantes, comme l'exemple où modifier le lave-linge permet d'économiser de l'énergie pour le sèche-linge.*
- 9.** *Lequel des éléments suivants est donné comme exemple d'innovation "drastique" pouvant émerger d'une réflexion systémique sur le séchage des vêtements ?*
- a) Rendre le système de chauffage du sèche-linge plus efficace.
 - b) Utiliser moins d'eau dans le lave-linge.
 - c) Éliminer complètement le sèche-linge au profit d'un fil à linge nouvelle génération.
 - d) Améliorer le réseau de distribution des sèche-linge.
- 10.** *Vrai ou Faux : Pour choisir entre les solutions possibles, la vidéo recommande de les évaluer selon des critères comme le coût, la performance, l'impact environnemental et social.*

Références directes

Niveau 1 – Activité basique :

- YouTube Video: “Whole Systems Design: Introduction to Life Cycle Thinking”:
<https://www.youtube.com/watch?v=7mC9xaJC2dQ>
- Ercan, M. F., & Caplin, J. (2017, December). Enabling systems thinking for engineering students. In *2017 IEEE 6th International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE)*. IEEE. <https://doi.org/10.1109/TALE.2017.8252294>
- Mobus, G. E. (2018). Teaching systems thinking to general education students. *Ecological Modelling*, 373, 13–21. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2018.01.013>

Niveau 2 – Activité avancée :

- YouTube Video: “Whole System Mapping - Deep Dive”:
https://www.youtube.com/watch?v=Bv7p_RF3o5s
- Ercan, M. F., & Caplin, J. (2017, December). Enabling systems thinking for engineering students. In *2017 IEEE 6th International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE)*. IEEE. <https://doi.org/10.1109/TALE.2017.8252294>
- Mobus, G. E. (2018). Teaching systems thinking to general education students. *Ecological Modelling*, 373, 13–21. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2018.01.013>

Niveau 3 – Activité d’intégration :

- YouTube Video: “Whole System Mapping - Deep Dive”:
https://www.youtube.com/watch?v=Bv7p_RF3o5s
- Whole System Mapping Exercise: https://venturewell.org/tools_for_design/whole-systems-mapping/whole-systems-mapping-exercise/
- Ercan, M. F., & Caplin, J. (2017, December). Enabling systems thinking for engineering students. In *2017 IEEE 6th International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE)*. IEEE. <https://doi.org/10.1109/TALE.2017.8252294>
- Mobus, G. E. (2018). Teaching systems thinking to general education students. *Ecological Modelling*, 373, 13–21. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2018.01.013>

Méthodologies pédagogiques appliquées

Pour l'Activité 1 Niveau 1 – Basique

P02 Apprentissage par étude de cas

P15 Apprentissage & évaluation par les pairs

Pour l'Activité 2 Niveau 2 – Avancé

P20 Exercices de pensée systémique

Pour l'Activité 3 Niveau 3 – Intégration

P20 Exercices de pensée systémique

P15 Apprentissage & évaluation par les pairs

P10 Ludification

Résultats d'apprentissage attendus

Après avoir terminé les Activités de Base, les étudiant·es seront capables de reconnaître, prendre en compte et faire preuve d'empathie face aux implications éthiques liées aux impacts sociaux et environnementaux des solutions aux problèmes réels. Ils pourront décrire comment les activités d'ingénierie entraînent des impacts sociaux/culturels positifs et négatifs, directement et indirectement, tout au long du cycle de vie de la conception – tant pour les travailleur·euses qui produisent les produits (pratiques de travail, conditions de vie, santé, etc.) que pour les communautés, la société, et la vie non humaine (extraction des ressources, production et gestion des déchets, pratiques culturelles, etc.). Ils pourront identifier et décrire les principaux composants de la norme SA8000.

Après avoir terminé les Activités Avancées, les étudiant·es seront capables de comprendre les implications des politiques éthiques aux niveaux régional, national et mondial, et de considérer l'éthique au-delà des obligations environnementales actuelles et des frontières politiques. Ils auront également conscience des formes alternatives de capital au-delà du capital financier (ressources naturelles, humaines, sociales, physiques), et des systèmes économiques émergents visant à promouvoir la responsabilité sociale et environnementale (économie du Donut, économie circulaire, etc.).

Compétences



EMPATHIE



PENSÉE CRITIQUE



PROBLEM-SOLVING

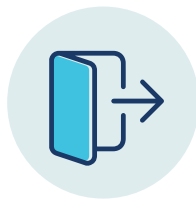


ETHICAL

Connaissances



ENVIRONNEMENT



CONTEXTE



SOCIÉTÉ



GLOBALE

Activité 1 Niveau basique : L'ingénierie et son impact élargi

INTRODUCTION

Les étudiants commenceront à comprendre différentes approches des systèmes économiques et de la croissance. Ils seront invités à réfléchir à l'impact de l'ingénierie sur les systèmes économiques, et par conséquent sur les systèmes sociaux et environnementaux.

INSTRUCTIONS POUR LES ÉTUDIANTS

1. Regardez le TED Talk de Kate Raworth

M1_C11_A1_R1_T5

2. Participez à la discussion en groupe, en suivant les questions proposées par votre enseignant-e

DESCRIPTION (15 - 30 mins)

Montrez aux étudiant·e·s le TED Talk de Kate Raworth. Encouragez une discussion collective en posant l'une des questions ci-dessous, ou vos propres questions :

Changer d'objectif: passer de la croissance au bien-être : La vidéo remet en question l'idée traditionnelle du progrès économique comme une "ligne de croissance en constante augmentation", en affirmant que les économies doivent être conçues pour "nous permettre de prospérer, avec ou sans croissance". Raworth suggère qu'il s'agit d'un "changement de mentalité profond" nécessaire pour que l'humanité prospère au XXI^e siècle.

- **Question:** En tant qu'ingénieur·e·s, une grande partie de notre travail est souvent liée, explicitement ou implicitement, à la facilitation de la croissance économique (par exemple, construire des infrastructures plus grandes, développer des technologies pour la consommation de masse, améliorer l'efficacité pour augmenter la production). Comment le processus de conception en ingénierie, la sélection des projets ou les choix de matériaux pourraient-ils évoluer si l'objectif principal devenait de favoriser le bien-être sociétal – répondre aux besoins humains dans les limites planétaires – plutôt que de maximiser la croissance économique traditionnelle ? Quelles considérations éthiques ce changement introduit-il pour les ingénieur·e·s ?

L'ingénierie dans le modèle du Donut: Raworth présente le modèle du Donut, représentant un espace dans lequel l'humanité peut prospérer en répondant aux besoins fondamentaux ("socle social") sans dépasser les limites planétaires ("plafond écologique"). Elle note qu'à l'heure actuelle, l'humanité échoue à répondre à certains besoins de base tout en dépassant les limites écologiques de la planète.

- **Question:** Réfléchissez à l'impact de l'ingénierie à travers le prisme du Donut. Comment les activités d'ingénierie (passées et présentes) contribuent-elles soit à manquer le socle social (par exemple, accès à l'eau potable, à l'énergie, au logement), soit à dépasser le plafond écologique (par exemple, changement climatique, pollution, épuisement des ressources) ? Quelles responsabilités spécifiques les ingénieur·e·s ont-ils/elles dans la conception de solutions permettant à l'humanité de rester dans cet espace sûr et équitable, en répondant à la fois aux insuffisances sociales et aux excès environnementaux ?

Activité 1 Niveau basique : L'ingénierie et son impact élargi

DESCRIPTION (PARTIE 2)

Conception technique régénérative :

Conception d'ingénierie régénérative : La vidéo soutient que les économies du XXI^e siècle doivent être « régénératives par conception », en s'éloignant des processus linéaires dégénératifs de type « extraire-produire-utiliser-jeter » au profit d'un fonctionnement en harmonie avec les cycles naturels, où les ressources sont réutilisées encore et encore. Des exemples incluent l'énergie renouvelable et la conception de villes circulaires.

- **Question:** Comment les principes de la conception régénérative peuvent-ils être appliqués dans votre discipline spécifique de l'ingénierie (par exemple, génie des matériaux, génie civil, conception mécanique) ? Quelles sont les motivations éthiques et les défis associés à la conception de systèmes, de produits ou d'infrastructures qui minimisent les déchets, utilisent des ressources renouvelables et s'intègrent dans les cycles naturels ? En quoi cela diffère-t-il des considérations éthiques dans une conception linéaire traditionnelle ?

Conception d'ingénierie distributive:

Raworth appelle également à des économies « distributives par conception », utilisant les technologies et les institutions pour répartir plus largement la richesse, les connaissances et l'autonomisation, en contraste avec les modèles centralisés du XX^e siècle. Elle cite les réseaux d'énergie renouvelable, les plateformes numériques et l'impression 3D comme exemples de technologies potentiellement plus distributives.

- **Question:** Comment les ingénieurs peuvent-ils concevoir des technologies, des systèmes ou des produits de manière à être intrinsèquement plus distributifs, en partageant les bénéfices, l'accès ou les connaissances de manière plus équitable entre les personnes et les communautés ? Quelles responsabilités éthiques les ingénieurs ont-ils à considérer les impacts sociaux et économiques de leurs conceptions en matière d'équité et d'accès ?

Naviguer dans les addictions sociétales à la croissance:

La conférence met en lumière les addictions sociétales à la croissance – financièrement, politiquement et socialement. Ces addictions influencent les investissements, les politiques publiques et les comportements des consommateurs.

- **Question:** Comment ces addictions sociétales à la croissance peuvent-elles créer des dilemmes éthiques ou des pressions pour les ingénieurs dans leur vie professionnelle ? Par exemple, accepter des projets rentables mais nuisibles à l'environnement, ou concevoir des produits avec une obsolescence programmée pour stimuler la consommation ? Comment les ingénieurs peuvent-ils exercer leur responsabilité sociale lorsqu'ils sont confrontés à des pressions qui les poussent à privilégier la croissance au détriment des objectifs régénératifs et distributifs d'une économie prospère ?

Les limites comme moteurs d'innovation:

Raworth soutient que les limites, comme les frontières écologiques et sociales du Donut, ne sont pas seulement des contraintes mais peuvent « libérer notre potentiel » pour une « créativité sans limites ».

- **Question:** Comment les étudiants en ingénierie peuvent-ils percevoir et utiliser les limites environnementales et sociales discutées dans la vidéo (par exemple, ressources limitées, objectifs climatiques, besoins humains fondamentaux) comme des moteurs d'innovation et de créativité dans leurs processus de conception, plutôt que simplement comme des limitations ? Pouvez-vous penser à des défis d'ingénierie où le travail dans des limites strictes a historiquement conduit à des solutions plus innovantes, efficaces ou éthiquement solides ?

Ces questions sont conçues pour susciter la discussion en se référant directement aux concepts et à la terminologie de la vidéo (« prospérer, pas croître », « Donut », « conception régénérative », « conception distributive », « addictions à la croissance », « limites comme créativité ») et en demandant explicitement aux étudiants de les relier à leur domaine de l'ingénierie, en considérant à la fois les approches techniques et les implications éthiques.

Activité 2 Niveau avancé : Responsabilité sociale et SA8000 Standard

INTRODUCTION

Dans cette activité, les étudiants sont initiés au concept de responsabilité sociale en ingénierie, en mettant l'accent sur la manière dont les décisions techniques peuvent affecter les travailleurs, les communautés et l'environnement tout au long du cycle de vie d'un produit. La norme SA8000 est présentée comme un cadre pratique pour comprendre les pratiques de travail éthiques. En explorant ses neuf domaines clés, les étudiants commenceront à réfléchir à la façon dont les ingénieurs peuvent contribuer à des solutions socialement responsables et éthiquement solides dans des contextes réels.

INSTRUCTIONS POUR LES ÉTUDIANTS

1. Passez en revue le cadre de la norme SA8000 (Responsabilité sociale 8000) ainsi que le document d'orientation SA8000.

M2_C11_A2_R1_T6

M1_C11_A2_R2_T7

2. Participez à la discussion de groupe en suivant les questions de discussion proposées par votre enseignant.

DESCRIPTION (40 - 60 mins)

Commencez par présenter brièvement le concept de responsabilité sociale et les considérations éthiques spécifiques aux ingénieurs (20-30 minutes). Expliquez que les solutions d'ingénierie ont des impacts bien au-delà de leur fonction technique – elles affectent les personnes, les communautés et l'environnement tout au long de leur cycle de vie et de leur chaîne d'approvisionnement.

Présentez la norme **Social Accountability 8000 (SA8000)** comme un cadre largement reconnu pour la responsabilité sociale en milieu de travail, abordant les pratiques éthiques du travail. Notez que cette norme offre un moyen concret de comprendre et de traiter certains de ces impacts sociaux. Présentez ou partagez le lien vers le Document d'orientation SA8000. Expliquez que ce document fournit le contexte, les exigences et les conseils pour la mise en œuvre de la norme.

Parcourez rapidement les neuf catégories principales couvertes par la SA8000 :

1. Travail des enfants
2. Travail forcé ou obligatoire
3. Santé et sécurité
4. Liberté d'association et droit à la négociation collective
5. Discrimination
6. Pratiques disciplinaires
7. Durée du travail
8. Rémunération
9. Système de management

Expliquez brièvement que, tandis que les huit premiers points couvrent des critères spécifiques de performance sociale, le neuvième, le Système de management, est crucial car il fournit le cadre permettant aux organisations d'identifier, d'évaluer et de gérer les risques, et d'assurer une amélioration continue de la performance sociale.

Activité 2 Niveau avancé : Responsabilité sociale et le standard SA8000

DESCRIPTION (PAGE 2 – Discussion)

Discussion guidée:

Relier la norme SA8000 à l'ingénierie (20 - 30 minutes)

Passez à une phase de discussion. Encouragez les étudiants à réfléchir de manière critique à la façon dont ces normes se rapportent à leurs futurs rôles d'ingénieurs. Faites diviser les étudiants en groupes pour discuter des différents sujets ci-dessous, ou animez la discussion avec toute la classe en utilisant les questions suivantes ou les vôtres, en laissant aux étudiants le temps de réfléchir et de répondre. Vous pouvez structurer cela en vous concentrant sur un ou deux domaines clés des normes à la fois, et en les reliant aux activités d'ingénierie.

Question de discussion 1

(Focus: Santé & Sécurité, Conception & Fabrication)

- « Regardons la Section 3 de la norme SA8000 : Santé et Sécurité. La norme exige de fournir un lieu de travail sûr et de prendre des mesures pour prévenir les incidents et minimiser les dangers en fonction des connaissances actuelles. En tant qu'ingénieurs, vous pouvez concevoir des machines, des procédés ou des installations. Comment les exigences d'identifier, d'évaluer et de minimiser/éliminer les dangers sur le lieu de travail influencent-elles directement vos décisions de conception technique ? »
- « Pensez à la phase de conception d'un produit ou à l'agencement d'une usine. Comment pourriez-vous concevoir des équipements intrinsèquement plus sûrs pour les travailleurs ? Comment les choix concernant les matériaux ou les procédés de fabrication se rapportent-ils aux risques potentiels pour la santé des travailleurs (par exemple, exposition aux produits chimiques, ergonomie) ? »
- « La Section 7 de la norme SA8000 : Heures de travail, est aussi liée à la santé et à la sécurité, en notant que de longues heures augmentent les taux d'accidents. Comment les décisions d'ingénierie liées aux objectifs de production ou à l'automatisation peuvent-elles influencer les heures de travail requises des opérateurs humains, et donc leur sécurité et leur bien-être ? »
- **Autres points possibles pour la discussion:** conception de dispositifs de sécurité, prise en compte des facteurs ergonomiques, choix de matériaux moins dangereux, automatisation des tâches répétitives ou dangereuses, impact des exigences d'efficacité de production sur le rythme et le stress des travailleurs.

Question de discussion 2

(Focus: Chaînes d'approvisionnement, Impact global & Rémunération)

- « La norme SA8000 met un fort accent sur la gestion des fournisseurs et des sous-traitants (Section 9.10) ainsi que sur les questions telles que le travail des enfants, le travail forcé, et l'assurance que la rémunération corresponde à un salaire décent (Section 8) au sein de la chaîne d'approvisionnement. »
- « La plupart des produits techniques reposent sur des chaînes d'approvisionnement mondiales complexes pour les matériaux et composants. Comment l'exigence pour les organisations de mener une diligence raisonnable auprès de leurs fournisseurs et d'encourager des pratiques socialement responsables pousse-t-elle les ingénieurs à réfléchir aux implications éthiques au-delà des spécifications techniques ou du coût d'un composant ? »
- « Comment la prise en compte de problèmes tels que le travail des enfants, le travail forcé ou les salaires équitables dans une usine d'un fournisseur situé dans un autre pays vous amène-t-elle à envisager des responsabilités éthiques qui peuvent dépasser vos propres lois nationales ou les normes environnementales habituelles ? »
- « Quelles sont les implications pratiques pour l'ingénierie d'exiger un approvisionnement éthique ? (par exemple, choix des matériaux selon leur origine, exigence de certifications fournisseurs comme SA8000, conception pour simplifier les chaînes d'approvisionnement). »
- **Autres points possibles pour la discussion :** traçabilité des matériaux, sélection des fournisseurs sur la base d'audits sociaux, conception avec des matériaux locaux, complexité d'assurer des pratiques de travail équitables en profondeur dans la chaîne d'approvisionnement.

Activité 2 Niveau avancé : Responsabilité sociale et SA8000

DESCRIPTION (PAGE 3 – Discussion et Conclusion)

Question de discussion 3

(Focus: **Systèmes de management, Évaluation des risques & Éthique proactive**):

- «Le système de management SA8000 (Section 9) exige des éléments tels que l'évaluation des risques (9.3), les actions correctives et préventives (9.8), ainsi que la participation/intervention interne (9.5). Il vise une approche proactive de la performance sociale.»
- «Ce n'est pas seulement pour la direction ; cela concerne 'tout le personnel'. En tant qu'ingénieurs, vous êtes souvent impliqués dans l'identification des risques techniques. Comment les principes de la SA8000 peuvent-ils vous encourager à penser à identifier et évaluer les risques sociaux ou éthiques potentiels... liés à vos projets, conceptions ou processus avant qu'ils ne causent des dommages?»
- «Pensez à des éléments comme l'impact social de l'automatisation des emplois, les implications éthiques de l'utilisation de certaines données ou de l'IA, ou encore les questions de justice environnementale liées aux lieux d'extraction des ressources ou à la gestion des déchets. Comment les ingénieurs peuvent-ils utiliser leurs compétences en résolution de problèmes pour contribuer à un système de management qui identifie et atténue ces risques sociaux plus larges?»
- «En quoi cette approche proactive et systémique de l'éthique diffère-t-elle d'une simple réaction aux problèmes ou du respect des seules normes légales minimales? [Résultat avancé]»
- Autres points possibles pour la discussion : les ingénieurs qui remontent les préoccupations liées aux impacts des projets, la participation à des comités éthiques interfonctionnels, la conception de processus intégrant des contrôles d'impact social, l'utilisation d'outils d'évaluation des risques incluant des critères sociaux.

Conclusion (5 - 10 minutes)

Résumez brièvement les points clés abordés, en soulignant que la responsabilité sociale et les considérations éthiques, telles qu'illustrées par des normes comme la SA8000, font partie intégrante de la pratique de l'ingénierie.

Rappelez que les ingénieurs ont un rôle important à jouer pour garantir des impacts sociaux positifs, non seulement par leur compétence technique, mais aussi en tenant compte de l'élément humain dans la conception, la production et les chaînes d'approvisionnement, et en contribuant à des pratiques éthiques au sein de leurs organisations et au-delà des frontières conventionnelles.

Activité 3 Activité d'intégration : Éthique et responsabilité sociale en pratique

INTRODUCTION

Les étudiants apprendront à évaluer les décisions en ingénierie à l'aide du cadre des cinq capitaux et de modèles économiques alternatifs tels que l'économie du Donut et l'économie circulaire. Ils examineront comment ces outils permettent d'identifier les risques sociaux et environnementaux, d'appliquer des normes éthiques telles que la norme SA8000, et d'explorer des moyens de repenser les pratiques d'ingénierie afin qu'elles soient plus régénératives, distributives et socialement responsables.

INSTRUCTIONS POUR LES ÉTUDIANTS

1. Apprenez-en davantage sur les cadres des **Capitaux multiples** et des **Modèles économiques émergents**

M1_C11_A3_R1_T10

M1_C11_A3_R2_T11

2. Passez en revue l'étude de cas et analysez-la avec votre groupe. Utilisez les questions de discussion jointes pour vous guider.
3. En groupe, partagez vos conclusions avec la classe et participez à la discussion collective.

DESCRIPTION (60-90 min)

Présenter le cas: Introduisez l'étude de cas en ligne spécifique : « Matériaux recyclés et économie circulaire. » Présentez brièvement la situation impliquant Charlie, l'ingénieur environnemental junior chez Circle Mat, une entreprise reconnue pour l'utilisation de matériaux recyclés mais confrontée à des problèmes potentiels de contamination. Assurez-vous que les étudiants lisent ou aient accès aux détails du cas.

Introduction et Récapitulatif (5 minutes)

Présentez l'objectif d'apprentissage de la séance, en mettant l'accent sur les capitaux multiples et les modèles économiques alternatifs dans la pratique de l'ingénierie, afin de minimiser les impacts environnementaux et sociaux négatifs. **Si vous avez réalisé les activités précédentes avec les étudiants, invitez-les à se remémorer les concepts clés des séances antérieures, ou posez des questions plus générales sur les thèmes suivants :**

- Impacts sociaux/environnementaux de l'ingénierie (objectif central)
- Principes de la norme SA8000 (par exemple : santé et sécurité, responsabilités du système de gestion)
- Idées principales de l'économie du Donut de Kate Raworth (fondation sociale, plafond écologique, conception régénérative/distributive)

Introduction aux 2 cadres (10 minutes)

Des documents relatifs à ces deux cadres sont disponibles via les liens ci-dessus, et les sites web correspondants sont inclus dans la section Ressources supplémentaires. Ces sites offrent un bon aperçu général.

- **Capitaux Multiples:** Réintroduisez brièvement ou définissez : capital naturel, humain, social, physique/manufacturé, et financier. Soulignez l'importance de considérer les projets d'ingénierie à travers ces différentes perspectives.
- **Modèles Économiques Émergents:** Revoyez brièvement l'économie du Donut et l'économie circulaire en tant que cadres visant la durabilité et la responsabilité sociale. Mettez en avant l'objectif de régénération authentique et de distribution équitable, par opposition aux modèles purement linéaires ou axés sur le profit.

Analyse de l'Étude de Cas – Travail en Groupe (30-40 min)

Présentation du cas: Introduisez l'étude de cas en ligne : « Matériaux recyclés et économie circulaire ». Présentez brièvement le contexte impliquant Charlie, jeune ingénieur environnemental chez Circle Mat, une entreprise reconnue pour l'utilisation de matériaux recyclés mais confrontée à des problèmes potentiels de contamination. Assurez-vous que les étudiants lisent ou aient accès aux détails de l'étude de cas.

M1_C11_A3_R3_T12

C11 : Responsabilité Éthique et Sociale

Activité 3 Activité d'intégration : Éthique et responsabilité sociale en pratique

DESCRIPTION (PAGE 2)

Tâche de Groupe:

Divisez les étudiants en petits groupes (3 à 5). Demandez-leur d'analyser l'étude de cas Circle Mat en utilisant les questions directrices suivantes :

Impacts et Dépendances des Capitaux

Identifiez comment les opérations de Circle Mat a un impact sur chacun des cinq capitaux, ou en dépendent :

- **Naturel** : Quelles ressources sont utilisées? Quels sont les risques potentiels de pollution ou de contamination (amiante) ?
- **Humain** : Considérez le stress éthique de Charlie / les risques pour sa carrière, l'exposition potentielle des travailleurs, les risques pour la santé publique, les compétences impliquées.
- **Social** : Réfléchissez à la perception de la communauté (prospérité vs. sécurité), la confiance du public, la réputation de l'entreprise, la valeur du prix de durabilité.
- **Physique** : Quelles sont les implications pour les bâtiments utilisant les produits de Circle Mat ?
- **Financier** : Considérez les profits de l'entreprise, la valeur du prix reçu, les coûts des tests appropriés vs. les coûts potentiels de responsabilité.
- Quels sont les compromis clés effectués (par exemple, profit/réputation vs. sécurité/protection environnementale) ?

Application des Modèles Économiques Alternatifs :

- Dans quelle mesure l'approche de Circle Mat est-elle alignée ou en contradiction avec les principes véritables de l'économie circulaire ? S'agit-il d'un véritable recyclage/surcyclage ou d'un downcycling potentiellement nuisible ?
- Analysez la situation à l'aide du modèle de l'économie du Donut : Circle Mat contribue-t-elle à maintenir la société dans « l'espace sûr et juste » ? Où se situent les éventuels dépassements du plafond écologique (pollution) ou les insuffisances de la fondation sociale (santé, sécurité, travail décent potentiel) ?
- Comment les processus ou le modèle économique de Circle Mat pourraient-ils être repensés pour devenir réellement régénératifs et distributifs ?

Éthique et Responsabilité Sociale (lien avec les apprentissages précédents) :

- Quels sont les dilemmes éthiques spécifiques auxquels Charlie est confrontée ? Et son superviseur, Sam ?
- Comment les exigences de la norme SA8000 (Section 3 : Santé et sécurité ; Section 9 : Système de gestion, en particulier Évaluation des risques 9.3, Actions correctives 9.8) s'appliquent-elles ici ? Le système de gestion de Circle Mat est-il efficace en matière de gestion des risques sociaux/environnementaux ?
- Quelles sont les implications plus larges en matière de Responsabilité Sociétale des Entreprises (RSE) et d'écoblanchiment (greenwashing) ?

Activité 3 Activité d'intégration : Éthique et responsabilité sociale en pratique

DESCRIPTION (PAGE 3)

Partage en Groupe et Discussion Facilitée (15-25 min)

Demandez à chaque groupe de partager ses principales conclusions, en se concentrant sur différents aspects (par exemple: un groupe sur les capitaux, un autre sur l'analyse Donut/Économie circulaire, un autre sur les liens éthiques/SA8000). Animez une discussion plus large en vous appuyant sur des questions liées à l'étude de cas:

- Quelles sont les pressions auxquelles Charlie est confrontée ? Quelles options s'offrent à elle? Que feriez-vous à sa place ?
- En quoi la volonté de remporter un prix de durabilité peut-elle entrer en conflit avec des pratiques réellement durables ?
- En quoi la prise en compte des cinq capitaux permet-elle une compréhension plus riche de la situation qu'une analyse purement technique ou financière ?
- Quels changements systémiques (au sein de l'entreprise, de l'industrie ou dans la réglementation) pourraient prévenir ce type de situation ?
- Comment les ingénieurs peuvent-ils exprimer efficacement leurs préoccupations éthiques ou de sécurité au sein d'une organisation ?

Clôture et Synthèse (5 min)

Résumez les points clés de la discussion, en soulignant comment le cas de Circle Mat illustre la complexité de la mise en œuvre des principes de durabilité (comme l'économie circulaire) dans la pratique, et l'importance de considérer les capitaux multiples ainsi que les cadres éthiques.

Répétez l'intérêt de l'économie du Donut et de la pensée en capitaux multiples pour les ingénieurs souhaitant intégrer la responsabilité sociale (Compétence C21).

Confirmez brièvement l'atteinte de l'objectif d'apprentissage à travers l'analyse du cas et la discussion.

Évaluation Niveau 1 – Basique

Répondez à toutes les questions suivantes :

Instructions : Veuillez sélectionner la meilleure réponse (Vrai/Faux ou A, B, C, D) en vous basant sur les concepts présentés dans la conférence TED de Kate Raworth.

1. **Vrai ou Faux : Selon la conférence, l'objectif traditionnel du progrès économique a été la maximisation de la croissance du PIB, présentée comme toujours alignée avec la prospérité de la société.**
2. **Kate Raworth soutient que l'objectif principal de l'humanité au XXI^e siècle devrait être :**
 - a) Atteindre la plus forte croissance possible du PIB à l'échelle mondiale.
 - b) Assurer que toutes les nations atteignent « l'âge de la consommation de masse élevée » selon Rostow.
 - c) Répondre aux besoins de tous les individus dans les limites des ressources de la planète.
 - d) Se concentrer uniquement sur la réduction de l'impact environnemental, sans tenir compte des besoins sociaux.
3. **Vrai ou Faux: Le modèle du « Donut » visualise une zone cible où l'humanité satisfait aux besoins sociaux essentiels (la fondation sociale) sans dépasser les limites écologiques critiques de la Terre (le plafond écologique).**
4. **Lequel des éléments suivants est mentionné dans la conférence comme un facteur contribuant à la dépendance à la croissance économique sans fin ?**
 - a) Les systèmes financiers exigeant des rendements constants.
 - b) Le désir politique d'augmenter les recettes fiscales sans augmenter les impôts.
 - c) Le conditionnement social par la propagande consumériste.
 - d) Toutes les réponses ci-dessus.
5. **Vrai ou Faux: La conférence suggère que poursuivre simplement une croissance économique accrue est une stratégie éprouvée qui résoudra automatiquement des problèmes tels que les inégalités sociales et la pollution environnementale.**
6. **Le « design régénératif », tel que décrit dans la conférence, consiste principalement à :**
 - a) Créer des économies qui fonctionnent en harmonie avec les cycles naturels, réutilisent les ressources, minimisent les déchets et utilisent des énergies renouvelables.
 - b) Se concentrer uniquement sur la régénération de paysages naturels spécifiques, comme les forêts.
 - c) Générer plus de profits financiers à partir des mêmes processus linéaires « extraire-fabriquer-jeter ».
 - d) Utiliser la technologie uniquement pour remplacer le travail humain dans la fabrication.

Évaluation Niveau 1 – Basique

Répondez à toutes les questions suivantes :

7. **Le « design distributif » vise principalement à**
 - a) Concentrer la richesse et le pouvoir à l'aide d'institutions traditionnelles et centralisées.
 - b) Distribuer plus largement des biens de consommation identiques grâce à la consommation de masse.
 - c) Utiliser la technologie et de nouveaux modèles institutionnels pour partager la valeur, les connaissances et le pouvoir de manière plus équitable.
 - d) Faire en sorte que tous les pays suivent exactement le même chemin et le même calendrier de développement économique.
8. **Vrai ou Faux: L'oratrice utilise des analogies issues de la nature pour affirmer que, bien que la croissance puisse être une phase saine, tenter de croître indéfiniment n'est pas durable pour les systèmes matures, y compris les économies.**
9. **La conférence présente les limites du Donut (fondation sociale et plafond écologique) non seulement comme des contraintes, mais aussi comme des moteurs potentiels de :**
 - a) Contrôle gouvernemental accru uniquement.
 - b) Retour nécessaire à des modes de vie préindustriels.
 - c) Créativité et innovation humaines et techniques.
 - d) Abandon de toute forme d'activité économique.
10. **Vrai ou Faux: Le message global de la conférence implique que des professionnels comme les ingénieurs ont un rôle important et une responsabilité éthique dans la conception de solutions permettant à l'humanité de satisfaire ses besoins sociaux tout en respectant les limites environnementales.**

Références directes

Niveau 1 – Activité basique :

- Kate Raworth's Ted Talk: "A healthy economy should be designed to thrive, not grow": https://www.ted.com/talks/kate_raworth_a_healthy_economy_should_be_designed_to_thrive_not_grow/transcript
- [About Doughnut Economics | DEAL](#)
- Raworth, K. (2017). *Doughnut economics: Seven ways to think like a 21st-century economist*. Chelsea Green Publishing.
- van de Poel, I., & Royakkers, L. (2023). *Ethics, technology, and engineering: An introduction* (2nd ed.). John Wiley & Sons.

Niveau 2 – Activité avancé :

- Social Accountability 8000, International Standard by Social Accountability International (June 2014) <https://venturewell.org/wp-content/uploads/SA8000-Standard-2014.pdf>
- SA8000 Guidance Document <https://venturewell.org/wp-content/uploads/SA8000-2014-Guidance-Document-May-2016.pdf>
- SA8000 Labor Certification – Measuring Sustainability https://venturewell.org/tools_for_design/measuring-sustainability/sa8000-certification/
- Johnson, D.G. (2017). Rethinking the Social Responsibilities of Engineers as a Form of Accountability. In: Michelfelder, D., Newberry, B., Zhu, Q. (eds) *Philosophy and Engineering. Philosophy of Engineering and Technology*, vol 26. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-45193-0_7
- Costa, A., Ribeiro, J.L., Gomes, D. (2020). Development of Policies and Practices of Social Responsibility in Portuguese Companies: Implications of the SA8000 Standard. In: Machado, C., Davim, J. (eds) *Circular Economy and Engineering. Management and Industrial Engineering*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-43044-3_3

Niveau 3 – Activité d'intégration :

- [The Five Capitals - a framework for sustainability | Forum for the Future](#)
- [About Doughnut Economics | DEAL](#)
- [Case study: Recycled materials and the circular economy - Engineering Professors Council](#)
- Raworth, K. (2017). *Doughnut economics: Seven ways to think like a 21st-century economist*. Chelsea Green Publishing.
- van de Poel, I., & Royakkers, L. (2023). *Ethics, technology, and engineering: An introduction* (2nd ed.). John Wiley & Sons.

Méthodologies pédagogiques appliquées

Pédagogies pour le Niveau 1 – Activité basique

P17 Apprentissage par investigation

P05 Séminaire socratique / Débat

Pédagogies pour le Niveau 2 – Activité avancée

P17 Pédagogies pour le Niveau 2 – Activité avancée

P05 Séminaire socratique / Débat

Pédagogies pour le Niveau 3 – Activité d'intégration

P02 Apprentissage par études de cas

Résultats d'apprentissage attendus

Après avoir complété les Activités de Base, les étudiants auront la capacité de travailler avec des perspectives issues de différents domaines, y compris les perspectives sociales, économiques et environnementales, en complément des perspectives techniques.

Après avoir complété les Activités Avancées, les étudiants auront la capacité de recueillir et d'appliquer de manière autonome des perspectives provenant de disciplines extérieures à la leur, afin de développer des solutions à des problèmes d'envergure mondiale en tenant compte de leurs effets sur tous les aspects de la société.

Compétences transversales



MULTIDISCIPLINARITÉ



PENSÉE CRITIQUE

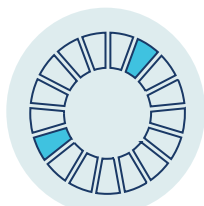


RÉSOLUTION DE
PROBLÈMES



PENSÉE SYSTÉMIQUE

Connaissances



LES ODD



LIMITES



MENACES



GLOBALE

Activité 1 Niveau basique : Défis urbains sous plusieurs perspectives

INTRODUCTION

Ces activités sont conçues pour développer la capacité des étudiants à aborder les défis de l'ingénierie de manière holistique. L'objectif est d'aller au-delà d'une analyse purement technique pour intégrer efficacement les perspectives sociales, économiques et environnementales dans le processus de résolution de problèmes. Les étudiants apprendront à aborder les défis d'ingénierie de façon globale en dépassant l'analyse technique pour prendre en compte les perspectives sociales, économiques et environnementales. Ils s'exerceront à identifier les points de vue divers des parties prenantes, à recueillir des informations pertinentes issues de domaines extérieurs à l'ingénierie, et à appliquer ces connaissances pour développer des solutions à des problèmes complexes et d'envergure mondiale, ayant un impact sociétal large.

INSTRUCTIONS POUR LES ÉTUDIANTS

1. **Écoutez le scénario:** Un nouveau pont pour piétons et cyclistes est proposé dans votre ville.
2. **Formez un groupe et choisissez un rôle:** Dans votre groupe, chaque personne adopte un rôle différent de partie prenante.
3. **Partagez vos perspectives (tours rapides):** Prenez chacun votre tour (1 à 2 minutes) pour exposer les principales préoccupations et priorités de votre partie prenante.
4. **Discussion en classe:** Réfléchissez aux différentes perspectives entendues et à la manière dont elles pourraient influencer la conception finale.

DESCRIPTION (15 to 30 minutes)

1. **Introduction & Scénario (5 minutes):** Présentez brièvement l'importance de prendre en compte plusieurs perspectives dans les projets d'ingénierie. Exposez un scénario simple d'ingénierie: « Une proposition a été faite pour construire un nouveau pont piéton et cycliste traversant une rivière séparant une zone résidentielle d'un quartier commercial et d'un parc dans votre ville. »
2. **Attribution des rôles (5 minutes):** Divisez les étudiants en petits groupes (4 à 5 étudiants). Assignez à chaque étudiant un rôle spécifique de partie prenante avec une brève description de son point de vue ou de sa préoccupation principale. Exemples de rôles:
 - **Ingénieur concepteur:** Axé sur l'intégrité structurelle, les coûts des matériaux, la faisabilité technique, les normes de sécurité.
 - **Commerçant local:** Préoccupé par l'augmentation du trafic piétonnier/des affaires, les perturbations potentielles dues aux travaux, les implications financières (taxes ?).
 - **Scientifique environnemental:** Concentré sur l'écosystème de la rivière, l'impact potentiel sur la vie aquatique pendant et après la construction, la perte d'espaces verts près des berges.
 - **Responsable de groupe communautaire (côté résidentiel):** Soucieux de l'amélioration de l'accès aux équipements/au parc, de l'augmentation potentielle du bruit, de l'impact sur le caractère du quartier, de la sécurité des enfants cyclistes.
 - **Urbaniste/économiste:** Axé sur la connectivité urbaine globale, la promotion des transports actifs (bénéfices pour la santé), le budget du projet, l'impact économique à long terme.
3. **« Speed-Dating » des parties prenantes (10 minutes):** Lors de tours rapides (1 à 2 minutes chacun), chaque « partie prenante » présente brièvement sa perspective principale, ses préoccupations ou ses attentes concernant le projet de pont aux autres membres de son petit groupe. L'objectif est simplement d'exprimer et d'entendre rapidement les différents points de vue.
4. **Débriefing (5 minutes):** Rassemblez la classe. Demandez à quelques groupes: Quelles ont été certaines des perspectives conflictuelles que vous avez entendues? Comment la perspective purement technique de l'ingénieur pourrait-elle devoir être ajustée en fonction des autres points de vue? Soulignez que la réussite en ingénierie nécessite de comprendre et d'intégrer ces diverses perspectives valides, souvent concurrentes.

Activité 2 Niveau avancé : Durabilité des smartphones sous plusieurs perspectives

INTRODUCTION

Dans cette activité, les étudiants enquêteront sur la durabilité des smartphones en explorant les perspectives économique, sociale, environnementale et technique. Ils apprendront à rechercher des informations non techniques afin de mieux comprendre des problèmes d'ingénierie complexes.

INSTRUCTIONS POUR LES ÉTUDIANTS

1. **Comprendre le problème:** Explorez la question : « Comment pouvons-nous améliorer la durabilité de la production et de la consommation des smartphones ? »
2. **Rechercher des perspectives:** Travaillant seuls ou par paires, trouvez un exemple clair pour chacune des perspectives suivantes. Utilisez des sources en ligne et prenez des notes succinctes.
 - Économique (ex. : coût, demande du marché, obsolescence programmée)
 - Social (ex. : conditions de travail, comportement des consommateurs, risques sanitaires liés aux déchets électroniques)
 - Environnemental (ex. : pollution, utilisation des ressources, empreinte carbone)
 - Technique (ex. : réparabilité, choix des matériaux, conception des batteries ou des logiciels)
3. **Partage:** Préparez-vous à partager un exemple que vous avez trouvé ainsi que sa source (par exemple, article de presse, rapport, site web).
4. **Réflexion:** Réfléchissez aux perspectives qui ont été plus faciles ou plus difficiles à rechercher, et pourquoi. Pensez aux raisons pour lesquelles les ingénieurs doivent inclure tous ces points de vue.

DESCRIPTION (45 – 60 minutes)

1. **Introduction & Problème (5 minutes):** Expliquez que les ingénieurs doivent souvent rechercher activement des informations non techniques pour comprendre pleinement le contexte d'un problème. Présentez une problématique d'envergure mondiale: «Comment pouvons-nous améliorer la durabilité de la production et de la consommation des smartphones ?»
2. **Tâche d'enquête guidée (25 à 35 minutes):** Travaillant seuls ou par paires, les étudiants doivent utiliser des ressources en ligne (commencer par des termes de recherche suggérés ou des sites fiables si besoin) pour trouver et résumer brièvement un point concret pour chacune des perspectives suivantes liées à la durabilité des smartphones:
 - Perspective économique : (ex. : coût des minéraux sans conflit, demande du marché pour les nouveaux modèles, coût des infrastructures de recyclage, modèles commerciaux d'obsolescence programmée)
 - Perspective sociale : (ex. : conditions de travail dans l'extraction/la fabrication, comportement des consommateurs/désir de renouvellement, enjeux de fracture numérique, impacts sanitaires liés à la gestion des déchets électroniques)
 - Perspective environnementale : (ex. : consommation énergétique dans la fabrication/centres de données, épuisement des ressources (terres rares), pollution liée aux déchets électroniques, empreinte carbone du transport)
 - Perspective technique/ingénierie : (ex. : conception pour le démontage/la réparation, science des matériaux pour substitution, amélioration de la durée de vie des batteries, mises à jour logicielles versus matériel)
3. **Partage rapide (10 minutes):** Demandez à quelques étudiant·e·s de partager brièvement une découverte pour chaque type de perspective (économique, sociale, environnementale), en mettant en avant la source ou le type d'information trouvé (par exemple: article de presse, rapport d'ONG, site de données économiques, résumé d'un article scientifique). L'objectif est de démontrer la capacité à trouver des perspectives externes pertinentes.
4. **Réflexion (5 minutes):** Discutez brièvement des difficultés ou de la facilité rencontrées pour trouver des informations pour chaque perspective. Soulignez l'importance, pour les ingénieur·e·s, de rechercher activement ces points de vue variés lorsqu'ils/elles abordent des problèmes complexes.

Activité 3 Activité d'intégration : Réduction du plastique sur le campus

INTRODUCTION

Dans cette activité, les étudiants travailleront en équipe pour relever un défi réel de durabilité : réduire l'utilisation du plastique à usage unique sur le campus. En explorant la question sous les angles technique, social, économique et environnemental, les étudiants apprendront à développer des solutions équilibrées et pratiques, tout en appliquant une pensée systémique aux décisions éthiques en ingénierie.

INSTRUCTIONS POUR LES ÉTUDIANTS

1. **Comprendre le problème:** Élaborer un plan réaliste pour réduire les déchets plastiques issus des emballages alimentaires sur le campus.
2. **Explorer et cartographier:** Identifier les enjeux clés et les parties prenantes. Utiliser un diagramme pour montrer leurs liens.
3. **Brainstorming d'idées:** Lister les solutions possibles (ex. : objets réutilisables, meilleur recyclage, sensibilisation).
4. **Évaluer les options:** Pour vos meilleures idées, considérez : Est-ce réalisable ? Est-ce abordable ? Les gens l'utiliseront-ils ? Réduira-t-elle le plastique ?
5. **Élaborer un plan:** Choisissez votre (vos) meilleure(s) idée(s) et expliquez comment elles équilibrent les facteurs techniques, sociaux, économiques et environnementaux.
6. **Présenter et discuter:** Partagez votre plan et comment vous avez équilibré les perspectives. Participez à la discussion de classe.

DESCRIPTION (70-90 minutes)

1. **Introduction du problème (10 minutes):** Présentez un défi d'ingénierie complexe et multifacette: «Élaborer un plan pour réduire significativement les déchets plastiques à usage unique provenant des emballages alimentaires et de la consommation sur le campus universitaire.» Expliquez que l'objectif n'est pas un design final parfait, mais une proposition bien argumentée qui équilibre explicitement différentes perspectives.
2. **Travail en groupe – Cycle PBL (40 à 60 minutes):** Divisez les étudiants en groupes. Guidez-les à travers un processus PBL simplifié:
 - **Définir et analyser le problème:** Quels sont les aspects techniques ? Qui sont les parties prenantes clés (étudiants, vendeurs alimentaires, administration universitaire, gestion des déchets, fournisseurs) ? Quelles sont leurs perspectives probables (en s'appuyant sur les compétences de l'activité de base) ? Utilisez la cartographie/la pensée systémique pour visualiser les liens.
 - **Brainstorming de solutions:** Générez une gamme d'interventions potentielles (ex. : systèmes de contenants réutilisables, stations de recharge d'eau, incitations/pénalités pour les vendeurs, obligation d'emballages biodégradables, campagnes de sensibilisation, amélioration des infrastructures de recyclage).
 - **Recueillir et intégrer les perspectives (simulées/guidées):** Pour leurs 1-2 meilleures solutions, les groupes doivent considérer/trouver des informations sur:
 - **Faisabilité technique:** Peut-elle être mise en œuvre de manière fiable ?
 - **Viabilité économique:** Quels sont les coûts/économies pour les vendeurs, les étudiants, l'université ?
 - **Acceptabilité sociale/utilisabilité:** Les étudiants/vendeurs y participeront-ils ? Est-ce pratique ? Y a-t-il des questions d'équité ?
 - **Impact environnemental:** Réduit-elle réellement le plastique ? Y a-t-il des conséquences imprévues (ex. : consommation d'eau/énergie pour laver les réutilisables) ? (Vous pouvez fournir de courts extraits de perspectives ou guider des recherches rapides ici, en vous appuyant sur les compétences de l'activité avancée, si vous avez réalisé cette activité.)
 - **Développer un plan proposé:** Sélectionnez et décrivez un plan à plusieurs volets, expliquant comment il tente d'équilibrer les exigences techniques avec les perspectives économiques, sociales et environnementales recueillies ainsi que les compromis associés.

Activité 3 Activité d'intégration: Réduction du plastique sur le campus

DESCRIPTION (PAGE 2)

3. **Présentations & Discussion (15-20 minutes):** Chaque groupe présente brièvement son plan proposé, en mettant particulièrement en avant la manière dont il a pris en compte et équilibré les différentes perspectives. Animez une discussion en classe pour comparer les approches et discuter des défis liés à l'intégration de points de vue divers.
4. **Conclusion (5 minutes):** Résumez l'importance de cette approche interdisciplinaire pour développer des solutions d'ingénierie solides et responsables face à des problèmes réels.

Évaluation Niveau 1 – Basique

Répondez à toutes les questions suivantes :

1. **Vrai ou Faux:** L'activité « Speed-Dating des parties prenantes » a principalement montré que les projets d'ingénierie, comme le pont proposé, n'ont que des conséquences techniques et financières importantes.
2. **Dans l'activité du scénario du pont, le personnage du « Commerçant local » représentait principalement quel type de perspective ?**
 - a) Environnementale
 - b) Technique
 - c) Sociale
 - d) Économique
3. **Le rôle du « Scientifique environnemental » dans l'activité concernait principalement :**
 - a) Le coût global de la construction et des matériaux du pont.
 - b) L'impact potentiel sur l'écosystème de la rivière et les habitats voisins.
 - c) L'intégrité structurelle détaillée et les calculs de sécurité du pont.
 - d) Assurer que le pont augmente le trafic piétonnier pour les commerces locaux.
4. **Vrai ou Faux:** L'activité a suggéré que la perspective de « l'Ingénieur concepteur », centrée sur la faisabilité technique et le coût, est généralement suffisante à elle seule pour déterminer si le projet de pont est une bonne idée.
5. **Les différents rôles des parties prenantes assignés dans l'activité du scénario du pont (par exemple, Ingénieur, Commerçant, Scientifique, Résident, Urbaniste) ont généralement démontré que les parties prenantes :**
 - a) Partageaient toutes les mêmes objectifs et priorités pour le projet.
 - b) Représentaient des intérêts et des préoccupations divers et parfois conflictuels concernant le projet.
 - c) Étaient uniquement capables de voir les aspects négatifs de la construction du pont.
 - d) Se concentraient principalement sur des questions politiques globales plutôt que sur les impacts locaux.
6. **Vrai ou faux :** La prise en compte des perspectives sociales, telles que celles représentées par le « responsable du groupe communautaire » (par exemple, les effets sur la connectivité, le bruit, le caractère du quartier), est pertinente pour les projets d'ingénierie, car ces projets ont un impact direct sur la vie des gens et les communautés.

Évaluation Niveau 1 – Basique

Répondez à toutes les questions suivantes :

- 7. L'objectif principal d'apprentissage, « travailler avec des perspectives issues de différents domaines », implique que les ingénieurs devraient viser à :**
 - a) Prioriser la solution technique au-dessus de toute autre considération.
 - b) Persuader toutes les parties prenantes que le point de vue purement technique est correct.
 - c) Être conscients, comprendre et intégrer les facteurs sociaux, économiques et environnementaux pertinents aux côtés des aspects techniques dans leur travail.
 - d) Se concentrer uniquement sur la réduction du coût financier du projet.

- 8. Vrai ou Faux: D'après les interactions simulées dans l'activité, il est réaliste de s'attendre à ce que toutes les parties prenantes impliquées dans un projet d'ingénierie réel s'accordent facilement sur la meilleure voie à suivre.**

- 8. Pourquoi est-il important pour une équipe d'ingénieurs travaillant sur le projet de pont de comprendre des perspectives comme celle de «l'Urbaniste/Économiste» ?**
 - a) Parce que les facteurs économiques sont les seuls qui déterminent si un projet est réalisé.
 - b) Pour comprendre les réalités budgétaires du projet, les sources de financement, ainsi que son intégration dans les objectifs plus larges de développement urbain et les stratégies économiques.
 - c) Parce que les urbanistes gèrent généralement eux-mêmes toute la conception technique.
 - d) Cela aide les ingénieurs à connaître la politique locale mais n'influence pas la conception.

- 10. Vrai ou faux : l'activité du scénario du pont a montré que même un projet d'ingénierie à relativement petite échelle implique un réseau complexe de questions techniques, sociales, économiques et environnementales interdépendantes.**

Références directes :

Niveau 1 – Activité basique :

- Murray, J. K., Studer, J. A., Daly, S. R., McKilligan, S., & Seifert, C. M. (2019). Design by taking perspectives: How engineers explore problems. *Journal of Engineering Education*, 108(3), 417–442. <https://doi.org/10.1002/jee.20263>

Niveau 2 – Activité avancée :

- Saruchera, F. Sustainability: A Concept in Flux? The Role of Multidisciplinary Insights in Shaping Sustainable Futures. *Sustainability* 2025, 17, 326. <https://doi.org/10.3390/su17010326> - <https://www.mdpi.com/2071-1050/17/1/326>

Niveau 3 – Activité d'intégration :

- Saruchera, F. Sustainability: A Concept in Flux? The Role of Multidisciplinary Insights in Shaping Sustainable Futures. *Sustainability* 2025, 17, 326. <https://doi.org/10.3390/su17010326> - <https://www.mdpi.com/2071-1050/17/1/326>
- Murray, J. K., Studer, J. A., Daly, S. R., McKilligan, S., & Seifert, C. M. (2019). Design by taking perspectives: How engineers explore problems. *Journal of Engineering Education*, 108(3), 417–442. <https://doi.org/10.1002/jee.20263>

Méthodologies pédagogiques appliquées

Pédagogies pour le Niveau 1 – Activité de base

P04 Jeux de rôle & simulations

--- Missing Translation

Pédagogies pour le Niveau 2 – Activité avancée

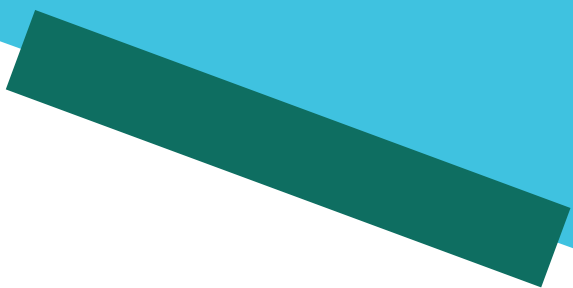
P12 WebQuests / Recherche guidée

--- Missing Translation

Pédagogies pour le Niveau 3 – Activité d'intégration

P14 Apprentissage par défis

P20 Exercices de pensée systémique



www.eesfproject.eu

