

# Méthodologie low-tech pour l'ingénieur

Anouk Chômienne, Sarah Dubus, Louise Éon,  
Grégoire Jouan, Chloé Mignot, Théo Pezin

HT05 - A20

Nicolas Salzmann - Guillaume Carnino

## Déroulé



# La low-tech, nouvelle mode ?

## Le « low tech » sera-t-il l'avenir de l'humanité ?

Vivre avec moins de métaux, moins de technologies : séduisante sur le papier, la thèse est moins évidente dans la réalité.

Publié le 12 septembre 2016 à 09h30 - Mis à jour le 12 septembre 2016 à 09h34 - Béatrice Madeline

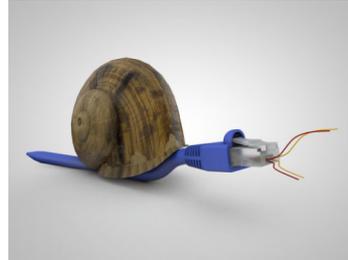
## Mon réfrigérateur (d'hiver) low-tech

Attention cet article est un placement de produit discret (je viens d'acquérir 48% du capital d'actions chez le fabriquant de ce réfrigérateur).

J'ai réussi à négocier l'exclusivité de publication en France. Pour la première fois donc, voici LE réfrigérateur du 22ème siècle, le symbole du lowtech par excellence :



## Technology And Ecology: From High Tech To Low Tech



Within ecological thinking, there are, on the one hand, those who clearly assume a "high tech" position. According to them, solving ecological problems has necessarily to do with new

## « L'avenir est au transport low-tech et les véhicules autonomes doivent être abandonnés »

Pouvoirs publics et constructeurs automobiles vantent les mérites de la voiture autonome, explique le chercheur Julian Carrey, dans une tribune au « Monde », alors que celle-ci n'est ni écologique ni économique.

**La low-tech, la récup' sous toutes ses formes !**

Un ordinateur en matériaux de récupération, un garde-manger qui se substitue au frigo, un chauffe-eau solaire... La « low-tech », ou « économie de récupération » (low signifie faible en anglais), propose aujourd'hui de plus en plus d'alternatives durables à nos objets du quotidien, afin de faire rimer innovation et respect de l'environnement.

## Dans les écoles d'ingénieurs, l'émergence d'une vague « low tech »

Les étudiants apprennent de plus en plus à concevoir des produits et des services sobres en énergie, robustes, réparables par le plus grand nombre, et recyclables. Avec l'espoir que les emplois suivent.

Des douches « low tech » à base de miroirs pour économiser l'énergie

30 mai 2018

Alors que nous sommes entourés de smartphones, d'ordinateurs et d'électroménagers énergivores, polluants et dont durée de vie est fortement limitée pour une grande partie d'entre eux, la solution se trouve-t-elle dans les low-tech ? C'est ce que défend François Courtois, co-fondateur d'EcLowtech, leme, entreprise coopérative qui souhaite

TOU SOUTIENS LA PRESSE LIBRE ?

LOW-TECH

Léolienne

Créer une leçon à partir de moteurs pas à pas d'imprimante

Difficulté: Moyen

Durée: 1 jour(s)

Coût: 10 EUR (€)

Autres langues: British English, English, Français

Sommaire: Description, Sommaire, Introduction, Vidéo d'introduction, Étape 1: Fonctionnement, Étape 2: Étapes de fabrication

## Le « low-tech », pour « vivre mieux avec moins »

Face à l'effondrement de la civilisation industrielle qui guette, de plus en plus d'experts proposent d'utiliser des technologies moins gourmandes, et surtout plus simples, que les fausses promesses de la high-tech, observe dans une tribune au « Monde

Publié le 21 septembre 2019 à 06h00 - Claire Gerardin

## L'idée d'une méthodologie low-tech pour l'ingénieur

- Des changements nécessaires pour face à l'absence d'initiative et à l'urgence climatique, écologique et sociale.
- Le besoin d'évolution, de changement et de prise de conscience par les étudiants.
- Un début de réflexion chez plusieurs acteurs à l'UTC.
- Une recherche au sein du cursus Hutech.

**Commande** : opérationnaliser la notion de low-tech pour l'ingénierie utc-hutech et branche. C'est-à-dire équiper d'une démarche-outil les ingénieurs HU-GU, HU-IM, etc.

## L'importance de s'intéresser à la question de la technique

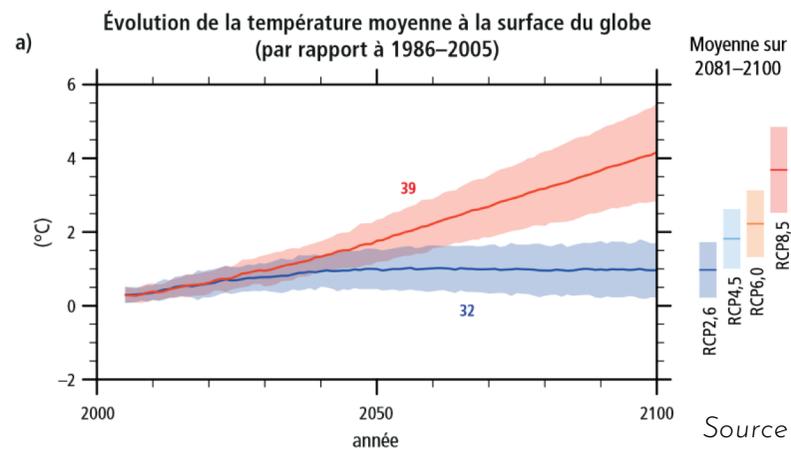
- La technique est l'ensemble des procédés utilisés pour la réalisation d'actions, mais aussi l'ensemble des objets fabriqués ou utilisés.
- Agir sur la technique c'est agir sur l'humain.
- La technique a une évolution qui lui est propre.
- Le grand mouvement de transformation technique contemporain est celui de la numérisation, du déploiement des nouvelles technologies du traitement et de communication de l'information et des appareils électroniques ---> High-tech.
- Mais aussi : transports modernes, industrie, construction, etc.

La pensée low-tech est une pensée de la technique pour changer notre univers technique.

## Les problèmes de notre univers technique

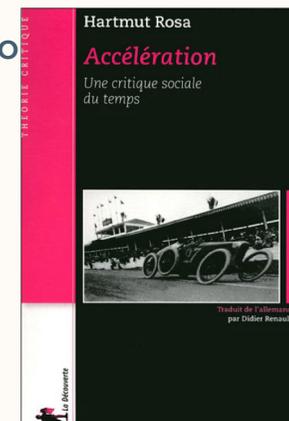
Cela fait peser plusieurs menaces :

1) La menace écologique.



1) Le problème de l'aliénation et le problème de l'accélération

Gilbert Simondon et Hartmut Rosa.



1) La menace démocratique.

## L'esprit des low-techs

Le but des low-tech est de stabiliser le réel en luttant contre l'accélération et la crise écologique.

Les low-tech luttent contre l'aliénation en inscrivant la technique dans la culture, en étant « compréhensibles ». Elles luttent également pour la démocratie en faisant de la technique un objet politique.

## La naissance progressive de la notion de low-tech

- Prise de conscience des années 1960 et 1970 : apparition des termes de techniques « conviviales », « intermédiaires », etc.
- L'utopie du développement durable
- Naissance du terme low-tech et développement progressif du concept jusqu'à aujourd'hui



Rachel Carson en 1963  
Source : infinite.org



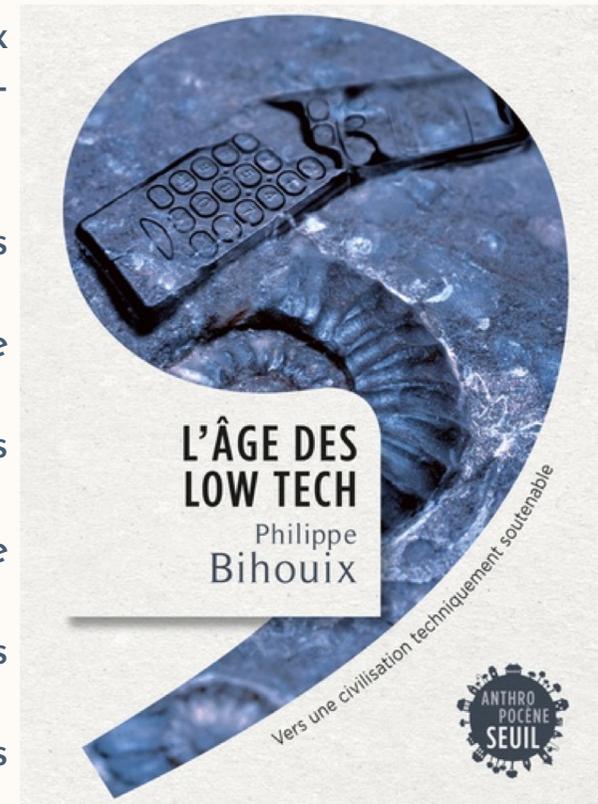
1979, deuxième choc pétrolier.  
Source : Cité de l'Économie et de la Monnaie

## Définition technique

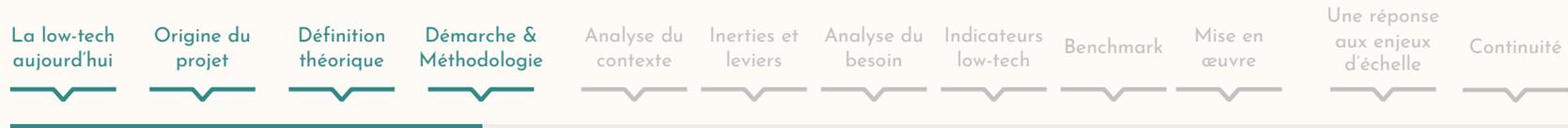
1. La technologie low-tech est économe en ressources et en énergie tout au long de son cycle de vie.
2. Elle repose sur des concepts simples, compréhensibles et appropriables par l'utilisateur.
3. Elle répond à des exigences de sobriété et ne crée pas de besoins artificiels.
4. Elle permet un gain en autonomie de l'utilisateur, accroît ses capacités et ne le rend pas dépendant d'un service extérieur.

L'ingénieur Philippe Bihouix propose 7 « principes » des low-techs :

- Remettre en cause les besoins.
- Concevoir et produire réellement durable.
- Orienter le savoir vers l'économie de ressources.
- Rechercher l'équilibre entre performance et convivialité.
- Relocaliser sans perdre les bons effets d'échelle.
- « Démachiniser » les services.
- Savoir rester modeste.







## Démarche & Méthodologie

11

La démarche : constat théorique, volonté de répondre à l'enjeu d'échelle, méthodologie pour l'ingénieur.

La méthodologie : différents outils permettant à l'ingénieur d'apporter des réponses à la hauteur de l'enjeu.



## Analyser le contexte

- Prise en compte de la commande : identifier les raisons d'une solution low-tech, quelles attentes
- Identifier les rôles des chaque acteurs permettant d'appuyer une démarche low-tech au sein d'une industrie:

**Quels acteurs ?**

**Quelle échelle ?**

**Quel(s) champ(s)  
d'action ?**

**Les attentes de  
chacun**

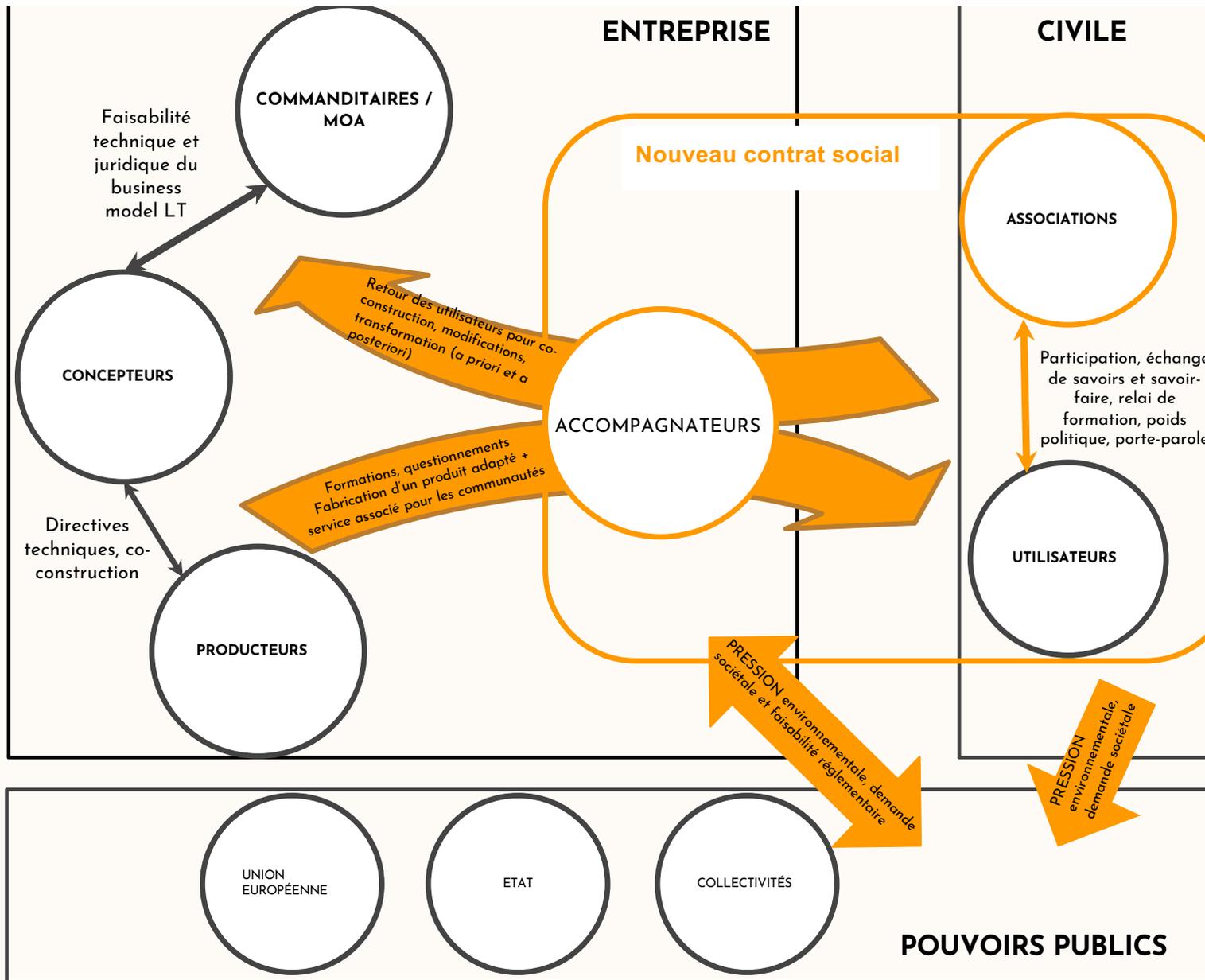
**Les potentielles  
tensions**

Le fonctionnement d'une entreprise low-tech ne peut être exactement le même qu'une entreprise high-tech (*schéma des acteurs*)

- Ces différentes identifications permettent ensuite de définir le périmètre de remise en cause ainsi que les

Quels acteurs pour  
l'entreprise low-tech ?

-  Les acteurs et les nouvelles relations spécifiques à l'entreprise low-tech
-  Les relations et les acteurs préexistants



## En particulier, le contexte est fait de différentes inerties

- L'inertie désigne l'élan propre d'un élément, qui devient donc difficile à modifier
  - Des inerties ancrées dans le système peuvent freiner considérablement la conception, particulièrement à moyenne échelle industrielle
  - Il faut les identifier dès le début pour ne pas s'y heurter plus tard
- Outils issus et adaptés de la fiche SUSHI Inerties & leviers

### Exemple d'inertie technique

L'origine du format du clavier AZERTY remonte aux machines à écrire, pour réduire le risque de blocage mécanique. Pourtant, il a été conservé quand les premiers ordinateurs ont été introduits. On estime que notre vitesse de frappe est réduite de 30 % environ.

### Exemple d'inertie économique

Certaines marques commerciales ont une valeur propre, c'est-à-dire que la seule mention de leur nom sur un produit suffit à évoquer un univers et des représentations associées et font donc directement grimper la valeur du produit en question.

### Exemple d'inertie réglementaire

L'urbanisme est réglementé par de nombreuses lois et de nombreux documents. Ceux-ci peuvent être amenés à évoluer et à se renouveler, mais pas de manière simultanée, ce qui entraîne parfois des dépendances à des réglementations obsolètes : elles appartiennent à un contexte révolu.

# Identifier les inerties et les leviers : l'exemple des matériaux de réemploi

1

|                                | Éléments techniques  | Éléments humains | Éléments réglementaires               | Éléments institutionnels | Éléments culturels                      |
|--------------------------------|--|------------------|---------------------------------------|--------------------------|---|
| Système technique & industriel | Système de démolition actuel   |                  |                                       |                          |   |
| Technique & social             |  |                  |                                       |                          | Rapport aux déchets, culture du jetable |
| Technique & économique         | Prix très bas de la matière première neuve                             |                  | Système d'approvisionnement classique |                          |   |
| Technique & juridique          | Encadrement réglementaire des matériaux et des performances techniques |                  |                                       |                          |   |

2

| Aspect à considérer                     | Inertie potentielle  | Que faire pour contrer cette inertie ?  | Levier potentiel   | Que faire pour profiter de ce levier ?   |
|---|--|---|--|--|
| Rapport aux déchets, culture du jetable | Les matériaux de réemploi font l'objet de clichés, d'une méconnaissance et sont ainsi relégués au rang de second choix (ou au contraire comme des pièces hors de prix) | Intégration de la thématique du réemploi dans les formations<br>Stimulation de la recherche sur les matériaux de réemploi et leurs caractéristiques | Urgence climatique, nécessité d'adopter des techniques moins délétères | Former les acteurs aux problématiques environnementales de la construction, aux avantages du réemploi et montrer que cela ne met pas l'entreprise en péril |

## Au besoin, une analyse historique peut être utile

- Une analyse des évolutions historiques peut révéler des éléments facteurs d'inertie ex : Le système de démolition actuel a été favorisé par l'apparition de techniques destructives et d'opérations immobilières rapides
- S'appuyer sur la littérature existante dans un premier temps, ou même faire ses propres recherches
- En particulier, observer les changements autour des révolutions industrielles et des guerres

### Années 1850-1950

De nombreuses techniques telles que la dynamite, le chalumeau, le marteau piqueur hydraulique, le bulldozer ou encore la boule de démolition font leur apparition et favorisent les techniques de destruction des bâtiments.

### Années 1920

Les promoteurs immobiliers font pression sur les opérations de lotissements et poussent la main d'œuvre à travailler aussi vite qu'elle le peut. Les avantages économiques du réemploi sont dérisoires face au profit issu des opérations immobilières.

### XXe siècle

Notamment via la mondialisation et le progrès exponentiel de la recherche scientifique, épaulé par deux guerres mondiales, les matériaux de construction se diversifient à l'extrême, ce qui, par la même occasion, complexifie à l'extrême leur recensement et leur réutilisation.

## Analyser le besoin

- Objectif : identifier, différencier et finalement regrouper les différentes situations de vie et leur associer des besoins.
- Crucial dans la démarche générale car créer une gamme de produits au juste nécessaire du besoin des utilisateurs permet des gains importants
- Démarche en trois étapes inspirée de certains outils de l'UV DI05

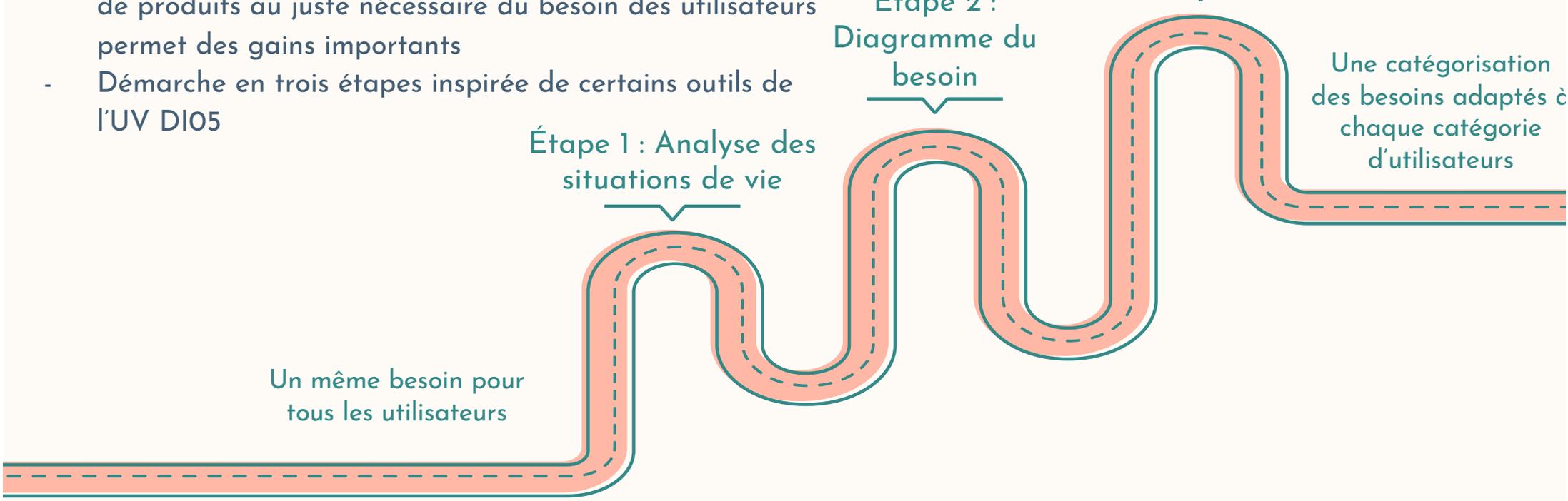
Étape 1 : Analyse des situations de vie

Un même besoin pour tous les utilisateurs

Étape 2 : Diagramme du besoin

Étape 3 : Typologie et association des besoins

Une catégorisation des besoins adaptés à chaque catégorie d'utilisateurs

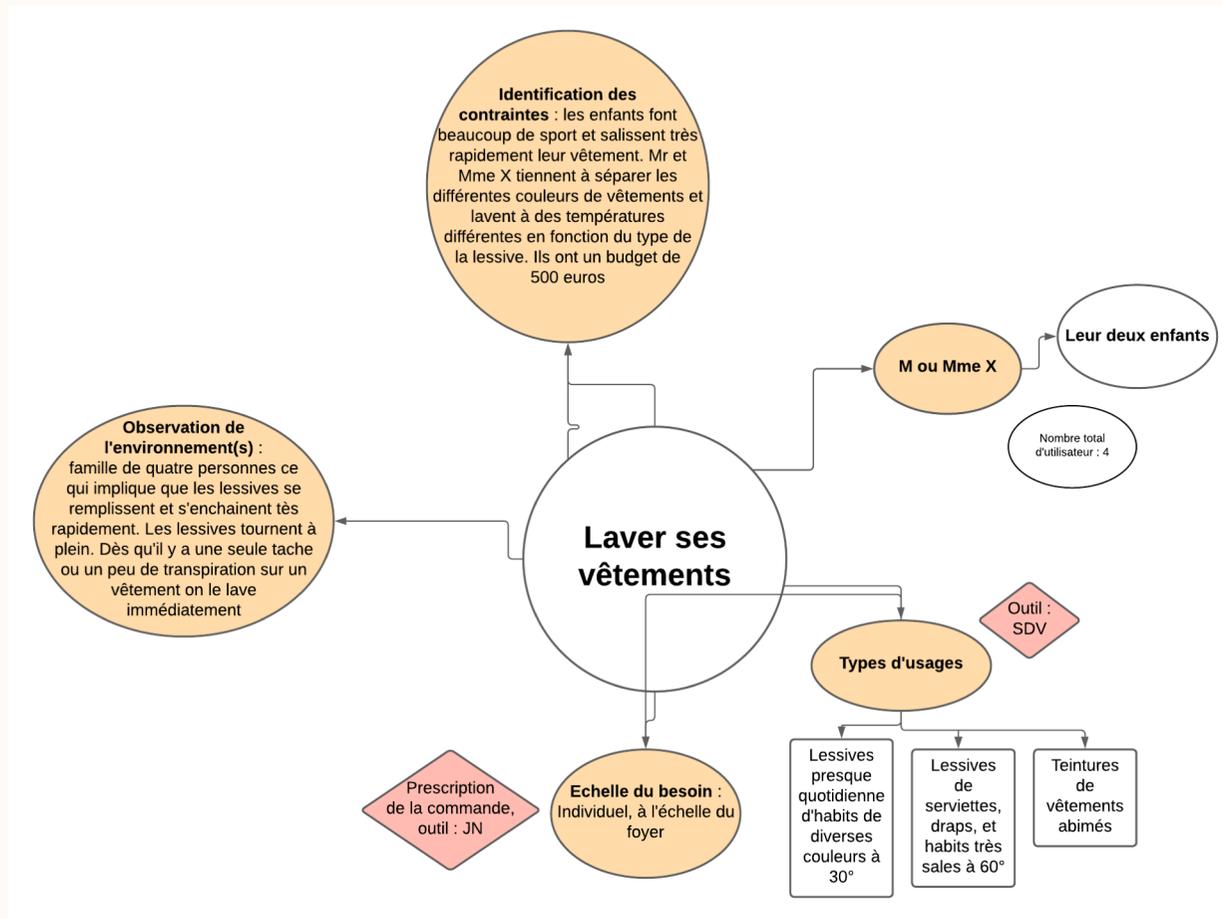


# Étude de cas : laver ses vêtements

## Etape 1 : Analyse des situations de vie

A l'aide de l'outil situation de vie (2), je propose certaines situations de vie qui me viennent instinctivement lorsque je pense à l'utilisation de mon objet.

Objectif : débroussailler le sujet



## Etape 2 : diagramme du besoin

Je complète le diagramme du besoin à partir des différentes situations de vie étudiées. Objectif : j'essaie d'identifier les facteurs qui varient entre les différentes SDV : ce sont les critères que je vais étudier.

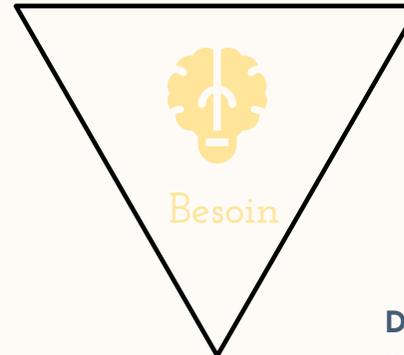
# Étude de cas : laver ses vêtements

### Qui peut utiliser mon produit ?

- Famille plus ou moins nombreuse
- Couple
- Personne seule
- Etudiant
- Colocation
- Fashionista
- etc.



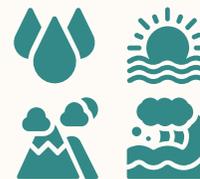
Utilisateur



Besoin



Produit



Contexte

### Dans quel contexte peut-on utiliser mon produit ?

- Lessives quotidiennes
- Lessives après le sport
- Lessives de draps
- Lessives de couleur
- Teintures
- Lessives en mode manuel

...

### Critères :

- quantité de linge hebdomadaire à mettre dans la lessive (nombre de personnes dans le foyer, fréquence de lavage des vêtements, nombre de vêtements possédés...)
- habitudes des utilisateurs (lavage en fonction des couleurs, type de vêtement possédés, lavage en fonction de la température, lavage après le sport...)

## Étude de cas : laver ses vêtements

### Etape 3 : Typologie et association des besoins

J'identifie les besoins correspondant à mes différents critères et je les regroupe si nécessaire.

Objectif : obtenir une typologie des besoins.

Grande question transversale aux critères : Quelle quantité de linge ai-je à laver ? Ai-je toujours la même quantité de linge à laver ?

Critères :



Deux possibilités :

1. je fais un tableau regroupant les deux critères
2. je fais deux tableaux, un pour chaque critère

Sous-critères :

- nombre de personnes dans la famille
- fréquence de lavage des vêtements
- nombre de vêtements possédés

- lavage en fonction des couleurs
- lavage en fonction de la température
- lavage après le sport
- type de vêtements possédés
- ....

## Étude de cas : laver ses vêtements

| Critères                          | Cas 1   | Cas 2  | Cas 3   | Cas 4   | Cas 5  | Cas 6   | Cas 7  |
|-----------------------------------|---|--|---|---|--|---|--|
| Nombre de personnes               | Vert  | Vert   | Vert  | Rouge   | Vert   | Rouge   | Rouge  |
| Fréquence de lavage des vêtements | Vert  | Vert   | Rouge   | Vert  | Rouge  | Vert  | Rouge  |
| Nombre de vêtements possédés      | Vert  | Rouge  | Vert  | Vert  | Rouge  | Rouge   | Vert   |
| Besoin associé                    | Besoin de faire beaucoup de lavage dans une semaine. Petite latitude possible cependant comme les personnes possèdent beaucoup de vêtements | Besoin de faire un nombre très important de lavages dans une semaine | Les lessives de la famille sont remplies. Cependant, comme le nombre de lessives est peu fréquent, il serait possible d'envisager un partage de machine à laver | Problème : les personnes lavent fréquemment leurs vêtements mais sont peu : leurs machines doivent souvent être en partie vide au moment de lancer la lessive | Les lessives de la famille sont remplies. Cependant, comme le nombre de lessives est peu fréquent, il serait possible d'envisager un partage de machine à laver. Moins de latitude que le cas 3 cependant comme moins de vêtements | Problème : les personnes lavent fréquemment leurs vêtements mais sont peu : leurs machines doivent souvent être en partie vide au moment de lancer la lessive. De plus, elles sont obligées de les laver souvent car elles en possèdent peu | Les lessives de la famille sont remplies. Cependant, comme le nombre de lessives est peu fréquent, il serait possible d'envisager un partage de machine à laver. Moins de latitude que le cas 3 cependant comme moins de vêtements |
| Vert = nombre important           |   |  |   |   |  |   |  |
| Rouge = nombre peu important      |   |  |   |   |  |   |  |

On regroupe les cas 1 et 2, les cas 3, 5, 7 et 8 et les cas 4 et 6.

Cas 1 et 2 = Cas A : Le besoin semble satisfait au juste nécessaire

Cas 3, 5, 7 et 8 = Cas B : la machine tourne en sous-utilisation

Cas 4 et 6 = Cas C : la machine est souvent non totalement remplie au moment de son utilisation.

**La machine convient bien pour deux cas sur 8.**

## Les indicateurs low-tech (1)

- Critères qui font qu'un dispositif est low-tech, définitions du low-tech
- Outil avec les indicateurs du niveau de *low-techisation*

Deux moments d'utilisation de l'outil :

Choix des critères

Conception  
Reconception

Evaluation des solutions

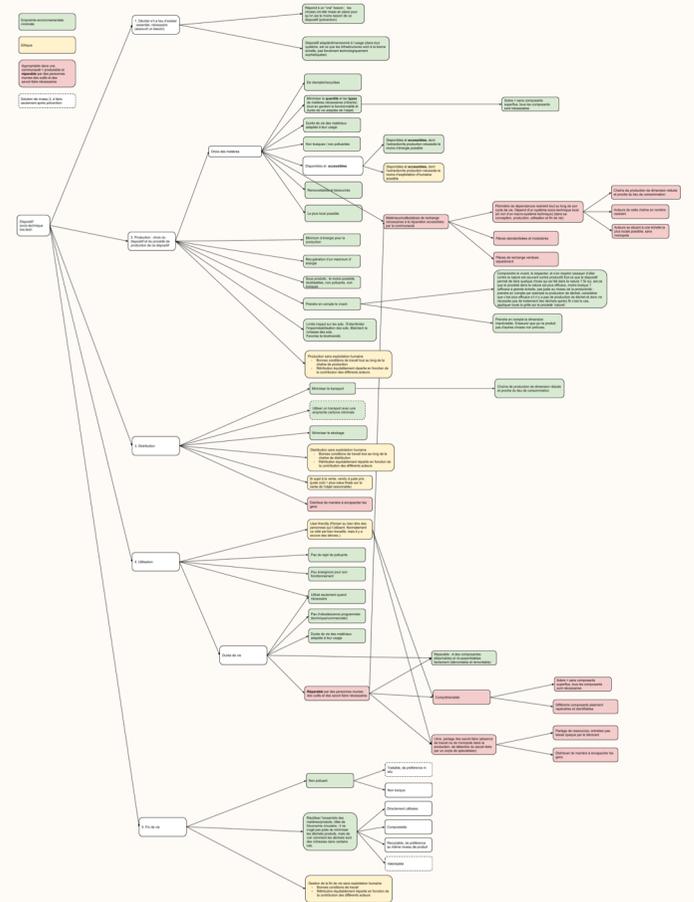
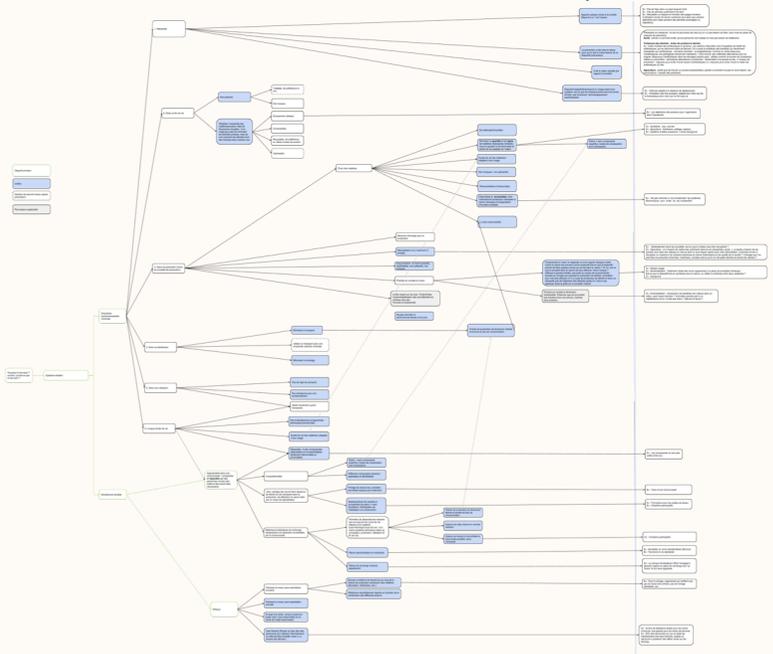
Benchmark  
Choix d'une solution

# Les indicateurs low-tech (2)

Deux configurations de l'outil :

A partir des valeurs

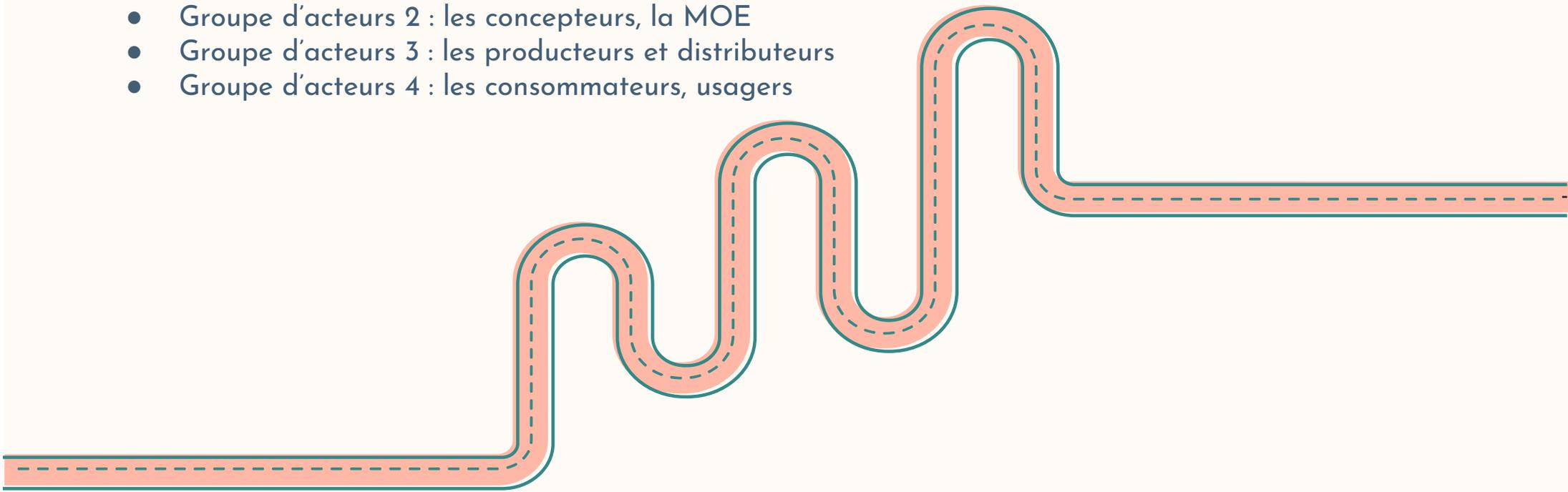
A partir du cycle de vie



## Les indicateurs low-tech (3)

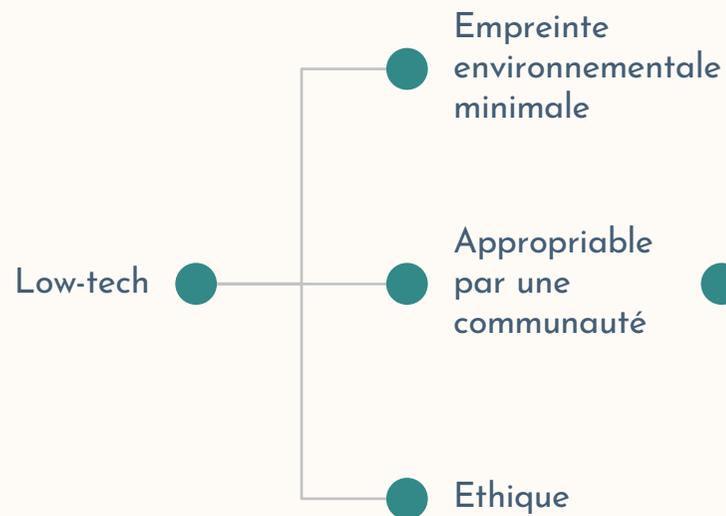
Chaîne décisionnelle :

- Groupe d'acteurs 1 : les commanditaires, la MOA
- Groupe d'acteurs 2 : les concepteurs, la MOE
- Groupe d'acteurs 3 : les producteurs et distributeurs
- Groupe d'acteurs 4 : les consommateurs, usagers

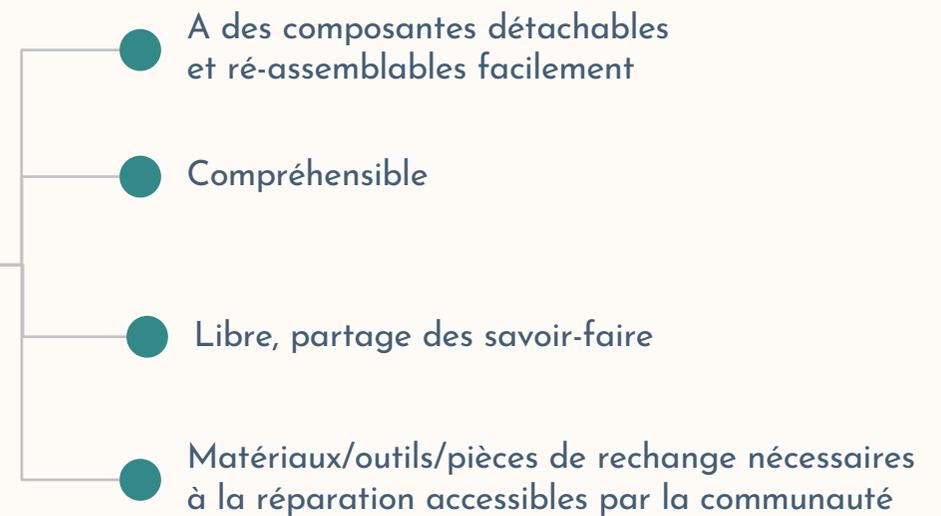


## Les indicateurs low-tech (4)

Trois piliers :



Échantillon :



## Benchmark et évaluation des solutions

- Faire un benchmark qui regroupe toutes les solutions, avec leurs grandes caractéristiques
- Passer les solutions au filtre des critères low-tech afin de choisir la meilleure solution ou alors d'identifier les composants à reconcevoir

| Solutions HT courantes ou solutions actuelles dans l'entreprise | Solutions HT répondant le mieux aux besoins | Solutions LT existantes | Solutions LT comme conception |   |
|---|---|-------------------------|-------------------------------|---|
|   |   |                         |                               | Nom du dispositif   |
|   |   |                         |                               | Fonction principale   |
|   |   |                         |                               | Fonction(s) secondaire(s)   |
|   |   |                         |                               | Type de besoin (type d'utilisation, échelle de production pour un besoin utilisateur)         |
|   |   |                         |                               | Coût à l'achat  |
|   |   |                         |                               | type de matériaux   |
|   |   |                         |                               | Coût environnemental à la production (bilan carbone, évaluation environnementale des impacts) |
|   |   |                         |                               | Coût environnemental à l'utilisation (bilan carbone)  |
|   |   |                         |                               | Sécurité et confort d'utilisation, contraintes  |
|   |   |                         |                               | Réparabilité et appropriation par l'utilisateur   |
|   |   |                         |                               | Changements de stratégie et coûts pour l'entreprise   |
|   |   |                         |                               | Suivi post production (oui/non)   |

## Anticiper l'exécution de la solution

- Objectif : guider le lecteur dans les dernières réflexions précédant l'initiation du projet.
- Prise en compte de tous les facteurs particuliers liés à la low-tech.

### Élaboration du cahier des charges

Revoir toutes les étapes de production, d'utilisation et de fin de vie de l'objet, en s'assurant du respect des critères low-tech sélectionnés.

### Évolution de la chaîne de production

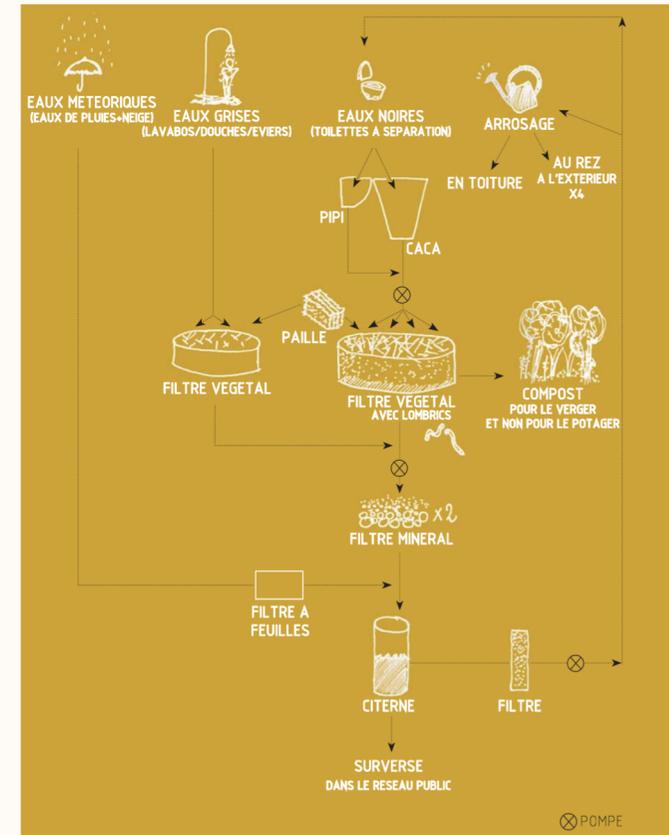
Agir sur le fonctionnement de l'entreprise à une échelle globale (usines, fournisseurs, choix écologiques, etc.)

### Création de collectifs

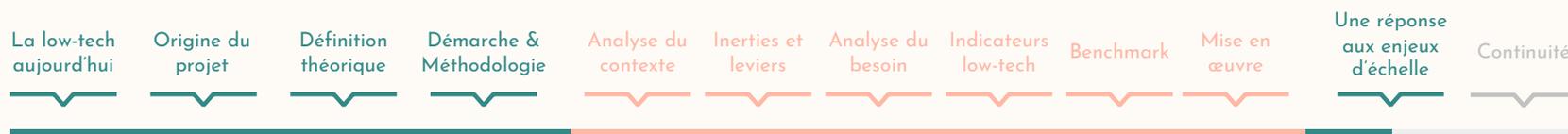
Encourager la création de collectifs permettant l'appropriation des objets et techniques associés par des communautés d'individus.

## Le suivi utilisateur

- « Après-vente » : la vente serait le point culminant de l'activité de l'entreprise ? Les services de l'entreprise seraient destinés uniquement à réparer le dispositif, bien après la vente ?
- L'encapacitation de l'utilisateur est une valeur-clé du low-tech  
Nécessité de penser tout l'accompagnement de l'utilisateur, à travers :
  - Une aide à la décision au moment du choix du produit ou du processus ;
  - un guide de prise en main, d'utilisation, d'entretien ;
  - une proposition de formations pour l'utilisateur ;
  - la mise en place d'une *communauté low-tech* ;
  - un service de réparation, de maintenance ;
  - etc.

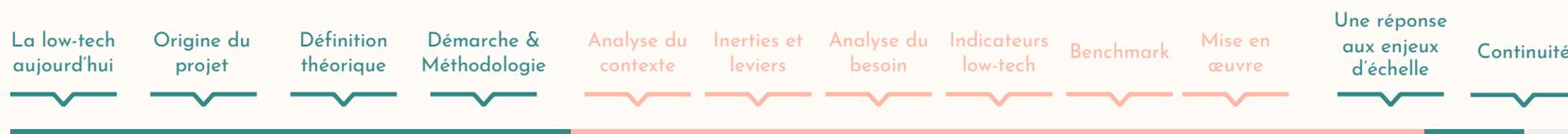


- Vérifier que la paille recouvre bien les cônes inox de distribution
  - . Fréquence : 1x/mois
  - . Action : Ajouter de la paille 3 à 4 fois par année (environ 40 bottes par an) + Ajouter des copeaux de bois tous les 3 à 4 ans + Récolter si besoin du compost et des lombrics



## Une réponse aux enjeux d'échelle

- La low tech parfois considérée comme de la "récup" ou expérimenté à trop petite échelle
- > Urgence et nécessité de changer nos modes de production, de consommation, de vie  
Réponse à cet enjeu d'échelle
- Notamment à travers les outils d'analyse de contexte : diagramme des acteurs, inerties et leviers ; et de mise en oeuvre : cahier des charges, *communauté low-tech*, suivi utilisateur



## Continuité

### À COURT TERME

- Poursuite du projet avec approfondissements de certains aspects ou des applications concrètes de la méthode (PR, futur projet d'HTO5, mise en pratique en collaboration avec l'Hermitage, etc.)
- Présentation de notre démarche au CISS
- Présentation éventuelle au Low-Tech Lab et à l'Hermitage

### À LONG TERME

- Inscription dans une banque de données pour ingénieur Hutech ou UTC
- Application de la méthodologie en entreprise

---

## Remerciements

Nicolas SALZMANN, Guillaume CARNINO  
Caroline PLICHTA (UTC)

Anne LE GOFF, Valentine LEBEAUPIN, Garance RÉGIMBEAU (CISS UTC)

Hugo PARIS, Noémie LE GALLIC (INSA Lyon)

Alexia FAMBON (INP Grenoble)

Loïc PENTECÔTE (L'Hermitage)

Mélanie HENAU, Quentin MATEUS, Martial BALLAND (Low-Tech Lab)

Michael GHYOOT (Rotor)

Thomas HEYLIGEN (UTC - Diplômé FQI)

---

An aerial photograph of a winding asphalt road that curves through a vast, dense forest of green trees. The road is light-colored and stands out against the dark green canopy. The forest extends to the horizon, with some small buildings visible in the distance. The overall scene is a lush, natural landscape.

**Merci pour votre  
attention !**