

# L'industrialisation des LowTech?

Matthieu Bricogne



ingénierie  
mécanique



SORBONNE UNIVERSITÉS

3

Plan de la présentation

Matthieu Bricogne  
Ing. Mécanique  
2019/2023

L'industrialisation des Lowtechs



6

De quelques définitions à une proposition de synthèse nécessaire à la suite du cours...

Lowtech

Matthieu Bricogne  
Ing. Mécanique  
2019/2023

L'industrialisation des Lowtechs



16

Sphère individuelle

Autres concepts liés

Matthieu Bricogne  
Ing. Mécanique  
2019/2023

L'industrialisation des Lowtechs



24

Sphère industrielle

Autres concepts liés

Matthieu Bricogne  
Ing. Mécanique  
2019/2023

L'industrialisation des Lowtechs



29

Le rôle que pourrait avoir l'industrie ?

Au-delà du bricolage...

[IngeEngages-AuDeLaBricolage]

Matthieu Bricogne  
Ing. Mécanique  
2019/2023

L'industrialisation des Lowtechs



# Plan de la présentation

Cours majoritairement basé sur  
l'article

## "Du système D à un projet de société : La lowtech au delà du bricolage"

*Superbe synthèse en accord  
ma compréhension (actuelle)  
de la situation actuelle autour  
de la lowtech*

[IngeEngages-AuDelaBricolage]



1. Positionner les lowtech par rapport à d'autres courants présentant des similarités
2. Imaginer les implications d'un "passage à l'échelle" des lowtech
3. Décrire le rôle que pourrait avoir l'industrie manufacturière dans la démarche de lowtechnicisation

De quelques définitions à une proposition de synthèse nécessaire à la suite du cours...

# Lowtech

- Définition [Ademe]

"Le qualificatif de lowtech s'applique à une démarche et non pas à son résultat. Ainsi, un objet n'est pas lowtech dans l'absolu, il est plus (ou moins) lowtech qu'une solution alternative répondant au besoin initial.

L'approche lowtech, [...] est une démarche innovante et inventive de conception et d'évolution de produits, de services, de procédés ou de systèmes qui vise à maximiser leur utilité sociale, et dont l'**impact environnemental n'excède pas les limites locales et planétaires**. La démarche lowtech implique un **questionnement du besoin** visant à ne garder que l'**essentiel**, la **réduction de la complexité technologique**, l'entretien de ce qui existe plutôt que son remplacement. La démarche lowtech permet également au plus grand nombre d'accéder aux réponses qu'elle produit et d'en maîtriser leurs contenus"

- Analyse

- Caractéristiques de la **démarche**
  - Innovante / inventive
- Finalité : produits / services / procédés / systèmes
- Objectifs
  - maximiser utilité sociale
  - Minimiser impacts
  - Maitriser le système produit
- Moyens
  - Questionnement besoin : analyse fonctionnelle essentialiste
  - Réduction de la complexité technologique

- Définition [LowTechLab]

"Au lowtech Lab, nous employons le terme lowtech pour qualifier des objets, des systèmes, des techniques, des services, des savoir-faire, des pratiques, des modes de vie et même des courants de pensée, qui intègrent la technologie selon trois grands principes :

- **Utile**
- **Accessible**
- **Durable"**

- Analyse

- **Catégorie des objets, des systèmes, des techniques, des services, des savoir-faire, des pratiques, des modes de vie et même des courants de pensée**
- Finalité
  - Utilité, accessibilité, durabilité
- Objectifs
  - répond à des besoins essentiels pour redonner du sens à l'action
  - appropriable par le plus grand nombre (technicité, coût) pour une plus grande autonomie des populations
  - réfléchir et optimiser les impacts tant écologiques que sociaux ou sociétaux liés au recours à la technique
- Moyens
  - Se focaliser sur les besoins essentiels (eau, énergie, transport, alimentation, habitat, déchet, etc.)
  - Réduction de la complexité technologique

- Définition [LaFabriqueEcologique]

"Les lowtech, par opposition aux high-tech, sont une démarche visant, dans une optique de **durabilité [forte]**, à questionner nos besoins réels et développer des **solutions aussi faiblement « technologisées » que possible**, minimisant l'énergie requise à la production et à l'usage, utilisant le moins possible de ressources / matériaux rares, n'infligeant pas de coûts cachés à la collectivité.

Elles sont basées sur **des techniques les plus simples possible, les moins dépendantes possible des ressources non renouvelables, sur des produits réparables et maintenables dans la durée, facilitant l'économie circulaire, la réutilisation et le recyclage**, s'appuyant sur les savoirs et le travail humain digne. Cette démarche n'est pas seulement technologique, mais aussi systémique. Elle vise à remettre en cause les modèles économiques, organisationnels, sociaux, culturels. À ce titre, elle est plus large que l'écoconception"

- Analyse

- Caractéristiques de la **démarche**

- Opposition high-tech : remise en cause les modèles économiques, organisationnels, sociaux, culturels
- pas seulement technologique, mais aussi systémique

- Finalité : produits réparables et maintenables

- Objectifs

- Durabilité forte
- Minimisation consommation énergétique (BOL & MOL)
- Minimisation ressources / matériaux rares
- Facilitation de l'économie circulaire, la réutilisation et le recyclage

- Moyens

- Questionnement besoin : analyse fonctionnelle essentialiste
- Réduction de la complexité technologique
- Réduction dépendance ressources non renouvelables
- Produits réparables et maintenables
- Appui sur savoirs et travail humain digne

- Définition [LaPenseeEcologique]

"une technologie est lowtech si elle constitue une brique technique élémentaire d'une société pérenne, équitable et conviviale."
- Analyse
  - Défini par la **technologie**
    - Caractère systémique
  - Objectifs
    - Société pérenne, équitable et conviviale
  - Moyens
    - Se focaliser sur les besoins essentiels (boire, s'alimenter, s'abriter, etc.)
    - Considérer les entrées (travail, énergie, matériaux) et sorties du système (déchet, impacts environnementaux et sociétaux) => très similaire à une approche d'Ingénierie Système ?

- Définition [LaFabriqueEcologique]

"une catégorie de produits, de services, de procédés [...] ou autres systèmes permettant, via une transformation technique, organisationnelle et culturelle, le développement de nouveaux modèles de société intégrant, dans leurs principes fondamentaux, les exigences de durabilité forte et la résilience collective"
- Analyse
  - Catégorie de **produits, de services, de procédés ou de systèmes**
  - Finalité : nouveaux modèles de société
  - Objectifs
    - Durabilité forte
    - Résilience collective
  - Moyens
    - transformation technique, organisationnelle et culturelle

# Durabilité forte

## 1. Sobriété

- Recentre sur l'essentiel et tend vers l'optimum technologique : plus basse intensité et plus grande simplicité technologiques permettant d'assurer les besoins avec un haut niveau de fiabilité

## 2. Efficience

- Minimise la consommation d'énergie et de ressources, depuis l'extraction des matières premières jusqu'à la fin de vie en passant par la production, la distribution et l'utilisation

## 3. Pérennité

- Présente une viabilité technique, fonctionnelle, écologique et humaine maximale à court, moyen et long terme

# Résilience collective

## 4 Maintenabilité

- Peut être entretenu et réparé par les utilisateurs eux-mêmes autant que possible, avec des pièces et matériaux standards

## 5 Accessibilité

- Offre une simplicité d'utilisation maximum

## 6 Autonomisation

- Est fabriqué à partir de ressources exploitées et transformées le plus localement possible

# Transformation culturelle

## 7 Empouvoirement

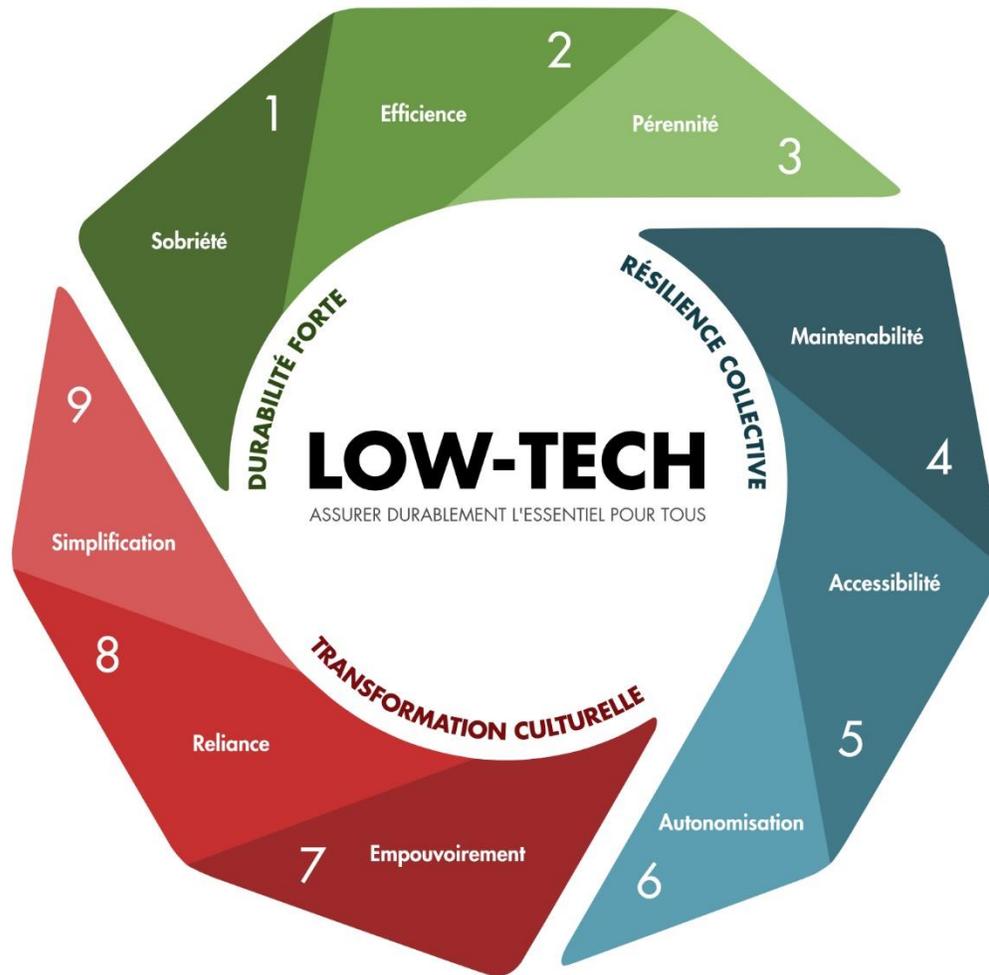
- Facilite l'appropriation par le plus grand nombre, confère du pouvoir aux citoyens et aux territoires

## 8 Reliance

- Favorise le partage de savoirs et de savoir-faire, la coopération, la solidarité, la cohésion sociale et les liens entre collectivités

## 9 Simplification

- Décomplexifie la société aux niveaux socio-économique et organisationnel à partir d'une réflexion sur les besoins et les vulnérabilités



## LES CRITÈRES DE TOUTE DÉMARCHE D'INNOVATION LOW-TECH :

### DURABILITÉ FORTE

#### 1 Sobriété

Recentre sur l'essentiel et tend vers l'optimum technologique : plus basse intensité et plus grande simplicité technologiques permettant d'assurer les besoins avec un haut niveau de fiabilité

#### 2 Efficience

Minimise la consommation d'énergie et de ressources, depuis l'extraction des matières premières jusqu'à la fin de vie en passant par la production, la distribution et l'utilisation

#### 3 Pérennité

Présente une viabilité technique, fonctionnelle, écologique et humaine maximale à court, moyen et long terme

### RÉSILIENCE COLLECTIVE

#### 4 Maintenabilité

Peut être entretenu et réparé par les utilisateurs eux-mêmes autant que possible, avec des pièces et matériaux standards

#### 5 Accessibilité

Offre une simplicité d'utilisation maximum

#### 6 Autonomisation

Est fabriqué à partir de ressources exploitées et transformées le plus localement possible

### TRANSFORMATION CULTURELLE

#### 7 Empouvoirement

Facilite l'appropriation par le plus grand nombre, confère du pouvoir aux citoyens et aux territoires

#### 8 Reliance

Favorise le partage de savoirs et de savoir-faire, la coopération, la solidarité, la cohésion sociale et les liens entre collectivités

#### 9 Simplification

Décomplexifie la société aux niveaux socio-économique et organisationnel à partir d'une réflexion sur les besoins et les vulnérabilités

Conception et réalisation : Arthur Keller et Émilien Bournigal

## Avant tout une démarche...

- Com'
  - visant une transformation **massive** (globale me semble trop ambitieux à ce stade) et **rapide**
    - provocatrice (opposition à high-tech) / militante : **faire réagir**
    - **inspirante** pour le maximum de personnes
      - => logique de communication
    - **Accessible** (notamment financièrement)
- Faire en s'interrogeant
  - Interrogation systématique sur le ratio **impacts environnementaux** (énergie et ressources naturelles) vs. **utilité**
  - Durée de vie du système : pérennité et autonomie
    - **Durabilité** et **robustesse**
    - **Réparabilité** : pas de dépendance technique / autonomie
- Comprendre / apprendre : logique de **diffusion de connaissances**
  - Techniques : convivialité technique
    - Développement d'un savoir "faire"
  - Compréhension et tentative d'anticipation (posture réflexive)
    - Impacts environnementaux sur l'ensemble du cycle de vie
    - Effets rebonds

Sphère individuelle

# Autres concepts liés

- Do It Yourself : créer ou réparer des objets de la vie courante, technologiques (hacking), ou artistiques, généralement de façon artisanale (bricolage), mais également un mouvement culturel, notamment musical
- Courants proches
  - bricolage
  - débrouillardise - « système D » ('d' signifiant, dans le meilleur des cas, "débrouille")
    - ⇒ Vision intéressante, notamment pour les ingénieur-es en perte de sens et souhaitant se rapprocher d'une pratique manuelle

Similarités	Différences
Pratique manuelle	Rapport à la technique : pas de restriction dans l'usage high-tech
Autonomie	Tentative de limiter impacts environnementaux
Réparabilité	Projets personnels plus que supports à la communication
Rapport à la connaissance et à sa diffusion	
Logique de communauté	

- Sous-culture contemporaine de la culture DIY
- Projets d'ingénierie très techno
  - Électronique / Robotique / Impression 3D / Informatique / machines-outils à commande numérique (CNC)
  - + activités traditionnelles : métallurgie, menuiserie, arts traditionnels et artisanat
- Moyens
  - Makerspaces ↔ FabLab
  - Plateformes opensource hardware : arduino, raspberry, ...
  - apprentissage informel, communautaire, collaboratif et partagé via un patrimoine informationnel commun
- Finalités
  - Loisir
  - Prototypage pour favoriser la créativité et les inventions
- Particularité : "culture de l'échec" - chaque essai, chaque nouvelle expérimentation est source d'apprentissages

Similarités	Différences
Pratique manuelle	Rapport à la technique : promotion d'une forme de high-tech
Autonomie	Tentative de limiter impacts environnementaux
Rapport à la connaissance et à sa diffusion	Projets personnels plus que supports à la communication
Logique de communauté	Loisir (maker) vs. utilité (lowtech)
	Finalité techno. vs. finalité de transformation

- Même règles que pour les 4 règles du logiciel libre [GNU-Stallman-FreeHardwareDesign]
  - Liberté 1 : La liberté d'utiliser le produit, pour tous les usages
  - Liberté 2 : La liberté d'étudier le fonctionnement du produit (hard+soft), de réaliser des copies du produit et de l'adapter à ses besoins
    - Les schémas de fonctionnement du produit, la liste des pièces, ainsi que le plan de montage doivent être disponibles
    - Les parties logicielles doivent aussi être libres
  - Liberté 3 : La liberté de réaliser et de redistribuer des copies du dit produit, donc d'aider son prochain
  - Liberté 4 : La liberté d'améliorer le produit et de publier ses améliorations, pour en faire profiter toute la communauté
- Des projets dans de nombreux domaines
  - ⇒ toujours avec une dimension numérique, sinon autre appellation !
  - ⇒ Les plus emblématiques
    - ⇒ Arduino : carte mère libre avec microcontrôleur permettant de contrôler différents types de matériel électronique ou électromécanique
    - ⇒ Raspberry Pi : microordinateur (pas vraiment open-source : ne fournit ni plan d'assemblage, ni schémas fonctionnels)

- Repair café

- Atelier consacré à la réparation d'objets et organisé à un niveau local sous forme de tiers-lieu, entre des personnes qui habitent ou fréquentent un même endroit (quartier, village, etc.)
- Principes
  - outils mis à leur disposition
  - Présence de volontaires généralement aptes à accompagner / guider
- Finalités
  - réduire les déchets
  - transmettre des connaissances
  - aide aux personnes ayant des difficultés financières
  - renforcer la cohésion sociale



Similarités	Différences
Pratique manuelle	Autonomie parfois faible lors d'une réparation vs. forte dans le cadre lowtech
Logique d'entraide	L'acteur n'est pas toujours le futur utilisateur
Accessibilité (financière)	
Durabilité (grâce à la réparabilité) – lutte contre obsolescence programmée	

- Survivalisme / néosurvivalisme (moins sectaire)
  - désigne les activités d'individus qui se préparent
    - à une catastrophe éventuelle (catastrophe naturelle, crise économique, crise sanitaire, etc.) à l'échelle locale ou globale,
    - à un événement potentiellement cataclysmique (effondrement écologique, guerre nucléaire, invasion extraterrestre, etc.),
    - à un effondrement de la civilisation industrielle
  - Principes
    - Stockage de ressources
    - apprentissage de certaines techniques de

Similarités	Différences
Anticipation (effondrement vs. manque de ressources)	Logique d'entraide vs. logique individualiste
Autonomie et savoir-faire	Impacts environnementaux

- Auto construction
  - désigne le fait, pour un particulier, de réaliser une construction, par exemple : maison, un voilier, éolienne, chauffe-eau solaire, machine agricole ...
  - sans l'aide ou presque de professionnels
- Motivations
  - Financière
  - Personnalisation / adaptation à un besoin particulier
  - Éthiques : autonomie et/ou écologie
- Problématiques de contrôles / normes
  - Bâtiment : CONSUEL électrique
  - Outils agricoles auto construits : auto-certification
    - rédaction d'un dossier technique
    - Rédiger et signer la Déclaration CE de conformité
    - Marquage lisible et indélébile de l'identification

- Self service repair
  - service proposé par les fabricants pour prolonger la durée de vie de dispositifs techniques commercialisés
  - Moyens proposés
    - Manuels / tutos
    - Commande de pièces détachées
    - Achat ou location d'outils
  - Parfois sous la forme de partenariat avec structure externe
    - ⇒ Exemple : iFixit
- Véritable mouvement ou moyen de lutter contre les accusations d'obsolescence programmée ?  
[Apple-SSR-2021]



Sphère industrielle

# Autres concepts liés

- Conception
  - "(...) [d'un] ensemble [d'activités] qui transforme des exigences en caractéristiques spécifiées ou en spécification d'un produit (...)" [Norme ISO 9000, 2000]
  - "classiquement, concevoir un produit c'est passer de l'expression d'un besoin à la définition des caractéristiques (...) permettant de le satisfaire et à la détermination de ses modalités de fabrication à un coût acceptable." [Jeantet, 1998 ]
- Eco
  - "Un impact environnemental inclut toute modification de l'environnement, négative ou bénéfique résultant totalement ou partiellement (...) d'une [activité]" [ISO 14001]
- Écoconception
  - "l'intégration des aspects environnementaux dans la conception (...) [avec] pour objectif la réduction des impacts environnementaux négatifs des produits tout au long de leur cycle de vie" [ISO 14062-2002]
  - ⇒ Cout Qualité Délais et Environnement
- Logique
  - raisonner de manière systémique et non pas par impact environnemental séparé
  - mesure des impacts environnementaux du berceau à la tombe (notion de cycle de vie)

- Innovation frugale
  - approche business : fabriquer des produits plus simples et moins chers afin d'ouvrir de nouveaux marchés
  - Pas d'objectif de durabilité, sauf si le business modèle l'intègre (logique d'économie de service, le produit reste détenu par son fabricant)
- Ingénierie frugale
  - stratégie industrielle : prise en compte des contraintes de fonctionnement et des marchés correspondants aux pays émergents.
  - Finalité : produire plus simple et moins coûteux, sans dégrader la qualité (« faire mieux avec moins »)
- Frugalité industrielle
  - Baisse consommation énergétique pour production
  - Implémentation de stratégies d'économie circulaire : remanufacturing, reconditionnement



- Logique Développement Durable Responsabilité Sociétale
  - enjeux environnementaux, sociaux, économiques et éthiques pour l'ensemble de leurs activités
  - engagements des entreprises influencent de plus en plus la prise de décision des consommateurs et des collaborateurs
- Logique d'amélioration continue, peu de "rupture"  
⇒ *Business as usual...*

Le rôle que pourrait avoir l'industrie ?

**Au-delà du bricolage...**

[IngeEngages-AuDelaBricolage]

- Limites de l'imaginaire porté par la lowtech
  - Exemples actuels : simples, peu coûteux, à base de matériaux naturels ou de récupération, répondant à des besoins de base  
⇒ Emblématiques avant tout !
  - Des compétences initiales vraiment détenues par tous ?
- lowtech : un truc d'ingénieurs ?
  - réappropriation de la technique
  - cohérent avec la quête de sens (génération Z)
  - Retour de l'ingénieur généraliste, pour contrer l'hyper spécialisation ?



- Constats
    - société industrielle actuelle produit des objets plus ou moins utiles et surtout rapidement obsolètes en très grande quantité
    - récupération, réutilisation ou recyclage : globalement vertueux
  - Limites de la récupération
    - qualitatif : la qualité de l'objet final est grandement dépendante de la qualité des matières récupérées
    - Caractéristiques de la récup' : quantité, dimensions et autres caractéristiques des matériaux ou sous-systèmes varient en fonction des trouvailles
  - Implications
    - chaque nouvelle réalisation conçue à partir d'objets récupérés doit être unique, faite sur mesure, avec à chaque fois un temps considérable passé pour s'adapter à l'imprédictibilité des matériaux
    - condamné à construire en permanence des objets sous-optimaux, en ajoutant des contraintes de conception supplémentaires
    - Possible pour un hobby, pas pour un modèle de société
- ⇒ contradictoire avec la simplicité et l'accessibilité que prône la démarche lowtech ?

*“L’utilisation de verre à vitre classique pour le panneau implique qu’il cassera probablement à la première averse de grêle. En effet les panneaux industriels utilisent du verre trempé, hautement technique et surtout très résistant, pour pallier ces aléas. Il est sans doute possible de récupérer des vitres de ce type (par exemple des vitres de trains) mais elles sont beaucoup moins courantes, et encore faut-il avoir connaissance de ce risque. Ce danger, en plus de porter fortement atteinte à la durabilité de l’installation, entraîne un réel risque de coupure ou de brûlure pour l’utilisateur, ce qui augmenterait statistiquement de manière considérable les accidents liés à la massification de cette approche.”*

*"Quand la récup' est contre-productive : le frigo qui réchauffe..."*

*La réutilisation est presque toujours plus efficace énergétiquement que le recyclage. Il existe néanmoins des cas où les produits sont dangereux, complexes, ou utilisent des matériaux rares, dans lesquels une prise en charge structurée serait plus intéressante pour optimiser le recyclage ou minimiser l'impact environnemental.*

*Par exemple, si l'on reprend le cas du chauffe eau solaire DIY, la récupération d'une grille de réfrigérateur utilisant une charge de 200 g de réfrigérant R134a libère l'équivalent de 286 kg de CO<sub>2</sub>, soit plus d'1/10 du budget carbone annuel par personne pour respecter les Accords de Paris.*

*Il est aujourd'hui obligatoire de traiter les équipements frigorifiques en fin de vie pour éviter de relâcher ces gaz de synthèse à très fort pouvoir de réchauffement. Ils peuvent ensuite soit être recyclés et réutilisés, soit simplement détruits. Cependant, ce système de traitement industriel semble malgré tout inefficace, notamment concernant les équipements des particuliers, puisque moins de la moitié passerait effectivement par ces filières. Encourager la récupération sur ce type d'équipement sans traitement approprié pourrait donc paradoxalement aggraver certains problèmes environnementaux."*

- Constats
  - Connaissances à acquérir
  - Nécessité d'outillage
  - Machines dangereuses
    - Respects des règles de sécurité
    - Formation longue et coûteuse (notamment en temps)
  - Inclusion : accessibilité pour personnes à mobilité réduite / aînés
- Implications
  - une société lowtech doit développer une professionnalisation et une spécialisation des tâches
  - Le développement de solutions lowtech néo-artisanales est complémentaire à l'approche individuelle

- Constats
  - niveau de technicité trop important
  - échelle plus importante : passage de l'individu à la communauté
- redimensionner l'appareil productif à petite échelle
  - moyens de fabrication plus importants : machines-outils, place de stockage, etc.
  - compétences plus pointues : résistance des matériaux, travail du métal ou du bois, etc.
- Élaboration de système lowtechnicisant ?
  - Utilisateur reste concepteur ou, tout du moins, porteur du besoin
  - Système auto entretenus et auto maintenus



- Constats

- Difficulté et la dangerosité : absence de "sécurités" de base sur les machines anciennes (arrêts automatiques, caches de protection...)
- apprentissage très long des diverses techniques
- Pas possible de se passer de certaines ressources non renouvelables (métaux, pétrole, etc.)
- Impossibilité de produire certains composants "clé" de manière industrielle

- Implication

- Équilibre nécessaire entre action lowtech individuelle, artisanale et industrielle
- ⇒ "conserver de petites usines et des ateliers spécialisés, dans lesquels la petite échelle n'empêche pas une productivité élevée"

[Bihouix2014]

*L'exemple du **roulement à bille** est tout à fait représentatif de ce problème. Autrefois, les frottements entre un axe et son logement (par exemple l'essieu en bois d'une charrette) étaient limités par lubrification avec du suif (graisse de porc), additionné à un peu d'huile végétale ou animale. Puis est arrivé le besoin de transports de charges plus lourdes, et les coussinets en bronze lubrifiés à l'huile minérale sont apparus. Avec cette solution les frottements sont réduits, mais les pertes sont quand même très conséquentes. Seule l'arrivée progressive des roulements à billes et à rouleaux, à partir de 1907, permettra une amélioration très forte des performances.*

*Problème : une fabrication de bonne qualité nécessite une précision extrême, ainsi que des matériaux très techniques, que l'on peut obtenir uniquement dans un contexte industriel...*

## Notions générales

<b>Types de roulements</b>	<b>6</b>
■ Définitions	6
■ Vocabulaire	8
■ Aptitudes	9
<b>Normalisation et interchangeabilité</b>	<b>12</b>
■ Les normes	12
■ Interchangeabilité	12
<b>Dimensions et symbolisation</b>	<b>14</b>
■ Symbolisation générale	14
- Symbole complet	14
- Symbole de base	15
■ Symbolisation des roulements à rouleaux coniques	16
■ Symbolisation des roulements spéciaux	17
<b>Précision d'exécution des roulements</b>	<b>18</b>
■ Normalisation	18
- Définition des tolérances	19
- Equivalence des normes de précision des roulements	22
■ Tolérances des roulements	22
- Roulements radiaux - Classe de tolérances Normale	23
- Roulements radiaux de haute précision - Classe de tolérances 6	24
- Roulements radiaux de haute précision - Classe de tolérances 5	25
- Roulements radiaux de haute précision - Classe de tolérances 4	26
- Roulements radiaux de haute précision - Classe de tolérances 2	27
- Roulements à rouleaux coniques - Classe de tolérances Normale	28
- Roulements à rouleaux coniques de haute précision	29
- Classe de tolérances 6X	29
- Roulements à rouleaux coniques de haute précision	30
- Classe de tolérances 5	30
- Butées à billes - Classe de tolérances Normale	31
- Alésages coniques : conicité 1/12 et conicité 1/30	32
<b>Jeu interne initial des roulements</b>	<b>34</b>
■ Jeu radial des roulements à contact radial. Définition	34
■ Groupe de jeu radial interne	34
<b>Jeu axial des roulements à contact angulaire</b>	<b>35</b>
■ Jeu axial préconisé	35



(...) on peut par exemple considérer qu'une cafetière à piston est lowtech, car elle est très sobre énergétiquement dans sa phase d'utilisation et qu'elle est composée d'un petit nombre de pièces à première vue très simples et compréhensibles. Tout le monde s'accorde ainsi en général pour dire qu'elle est beaucoup plus lowtech et adaptée à une société résiliente qu'une cafetière à capsules jetables. Pourtant, en y regardant de plus près, cette technologie est très loin d'une lowtech "pure" et accessible à tous.

Cette simplicité apparente cache en effet une incroyable complexité, que décrypte Cyrille : "Le détail du piston est en fil d'acier inoxydable tressé-maillé, avec sertissage de l'œillet en hydraulique. Le porte-filtre est une feuille emboutie, avec perçages adoucis, ressort spiral engagé sur le rebord, pourvu de perçages réguliers. Les usines requises pour produire comprennent l'extraction des minerais : fer, chrome, nickel, manganèse, vanadium, molybdène, la cokerie, les hauts-fourneaux, laminoirs et train à bandes, façonnage des feuillards, bancs d'étirage et usine de tréfilerie, maillage de précision, le rig d'extraction de pétrole, mais également la raffinerie de pétrole, l'usine de conversion du plastique butadiène-rubber, l'injection plastique pour le fond et le manche, la verrerie capable de faire le pot en Pyrex avec des côtes de précision (verre borosilicate résistant aux écarts brusques de températures, car un verre classique en sodocalcique éclaterait).... Si l'on souhaite se réapproprier TOUTES ces usines, il y en a pour pas loin de 5 milliards de dollars."



- Constats : incompatibilité lowtech – modèle industriel actuel
  - outil n'est plus au service de l'humain, mais l'humain une ressource (humaine) qui travaille au rythme des machines et algorithmes
  - technologies industrielles sont fermées (notion de propriété industrielle)
  - production industrielle aboutit à des objets uniformisés, et impose des choix technologiques à l'ensemble de la société

⇒ **comment concevoir une industrie qui réponde aux besoins de la lowtech et qui en partage la philosophie ?**

Comment concevoir l'industrie lowtech ?

Des questions en guise de conclusion...

- Que produit aujourd'hui le système industriel?
- De quelles industries avons-nous (vraiment) besoin?
- Desquelles sommes-nous dépendants, et desquelles pourrions-nous nous passer?
- Où s'arrête l'indispensable, et où commence le superflu ?
- Qu'est-ce qui doit être uniformisé et qu'est-ce qui ne doit pas l'être?
- À quelle échelle doit-on fournir les produits et services lowtech?
- Comment organiser cette production pour qu'elle ne subisse pas les mêmes dérives que le précédent système industriel?

⇒ **La société entière doit tendre vers une forme de sobriété: besoin de concevoir une articulation intelligente entre récupération, bricolage, artisanat mais aussi production de masse**

# Des perspectives en recherche

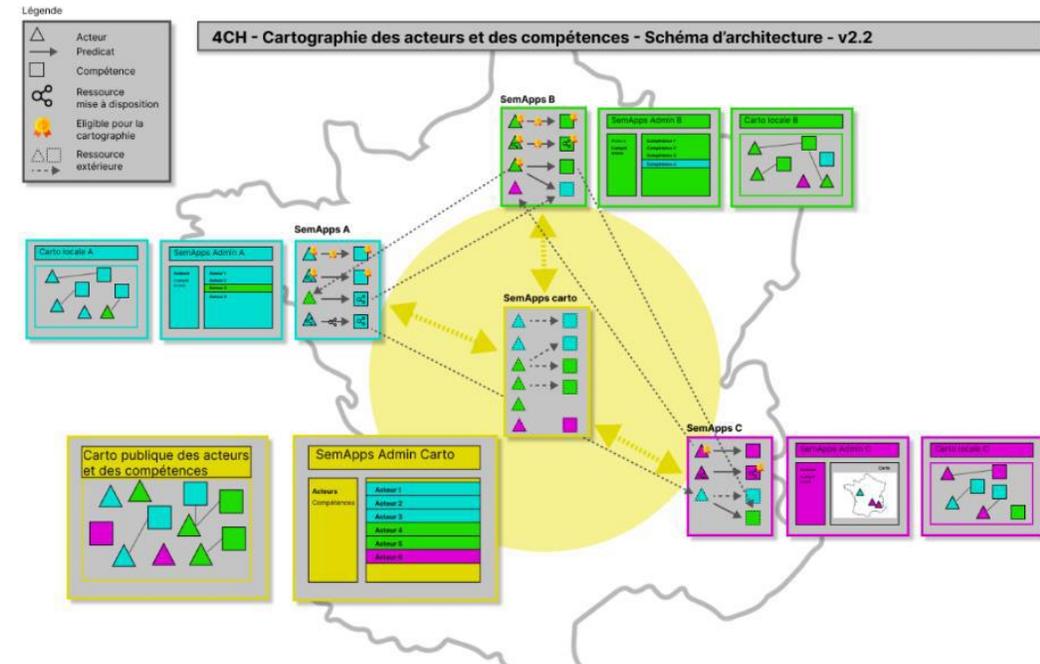
- Dans une logique de professionnalisation et standardisation
- Création d'une filière industrielle de réemploi de déchets
  - Qualité constante et uniforme
  - Traitement approprié des déchets : gaz/solvants, poussières, pièces cassées, etc.
  - Nécessité de qualifier les **capacités résiduelles** [Recherche CPJ]
    - À toutes les échelles : système, sous système, matériaux
    - À partir des données initiales, d'expérimentations, des données d'usage, de simulations...
  - Capacité à agir en amont pour spécifier les implications sur la conception des futurs systèmes en fin de vie !
  - Lobbying pour les aspects normatifs
  - Mais basée sur économie industrielle "linéaire" actuelle !



- 1) Identifier les gisements
- 2) Radiographier les composants principaux
- 3) Qualifier les capacités résiduelles de ces composants
- 4) Créer des objets (utiles) sur la base de ces composants

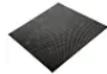
- Partage de connaissances produit et process
- Partage de moyens pour concevoir et fabriquer un produit

⇒ résumé technologique simplificateur: ontologies et web sémantique



SemApps [GlobalLowtech2022]

- Mais la production de masse est nécessaire *dans une certaine mesure*
    - standardisation de la production et uniformisation de l'environnement technique permettent la modularité et l'interopérabilité
    - modularité : indispensable à la démocratisation de la technique et à son accessibilité
    - composants fiables permet d'améliorer la durabilité et la sécurité des objets
    - indéniable efficacité des processus de production (énergie, coûts, etc.)
- ⇒ Une commercialisation de composants ? Une industrie qui sert exclusivement de fournisseur de pièces / sous systèmes?
- ⇒ Une orientation exclusive vers des besoins "essentiels"?

<p><b>Boutons, leviers et poignées</b> (732) (6 Catégories)</p>  <p><a href="#">Boutons de serrage</a> <a href="#">Leviers de serrage</a> <a href="#">Manivelles</a></p>	<p><b>Cales d'épaisseur</b> (94) (6 Catégories)</p>  <p><a href="#">Cales en acier</a> <a href="#">Cales en laiton</a> <a href="#">Cales en plastique</a></p>	<p><b>Composants antivibration et de mise à niveau</b> (1838) (8 Catégories)</p>  <p><a href="#">Amortisseurs rotatifs</a> <a href="#">Inserts tubulaire</a> <a href="#">Kit anti-vibrations</a></p>	<p><b>Composants pour convoyeurs</b> (390) (8 Catégories)</p>  <p><a href="#">Billes porteuses</a> <a href="#">Chaînes de convoyeur et maillons</a> <a href="#">Galets de Guidage</a></p>
<p><b>Éléments de structure</b> (1443) (10 Catégories)</p>  <p><a href="#">Éléments de gestion des câbles</a> <a href="#">Éléments de mouvement linéaire</a> <a href="#">Éléments de stations de travail</a></p>	<p><b>Fibre de carbone &amp; Tapis de feutre</b> (8) (2 Catégories)</p>  <p><a href="#">Feuilles en fibre de carbone</a> <a href="#">Tapis de feutre</a></p>	<p><b>Matériaux en céramiques</b> (25) (3 Catégories)</p>  <p><a href="#">Barreaux et tiges en céramique</a> <a href="#">Feuilles en céramique</a> <a href="#">Kits de matériaux céramique</a></p>	<p><b>Matériaux isolants</b> (96) (4 Catégories)</p>  <p><a href="#">Films d'isolation thermique</a> <a href="#">Isolations phoniques</a> <a href="#">Isolations thermiques</a></p>
<p><b>Matériaux métalliques</b> (530) (5 Catégories)</p>  <p><a href="#">Barres et tiges métalliques</a> <a href="#">Cornières métalliques</a> <a href="#">Feuilles métalliques</a></p>	<p><b>Matériaux plastiques et caoutchoucs</b> (664) (7 Catégories)</p>  <p><a href="#">Bâches</a> <a href="#">Films plastiques</a> <a href="#">Plaques en caoutchouc</a></p>	<p><b>Polissage et finitions</b> (31)</p>  <p><a href="#">Voir tous les produits</a></p>	<p><b>Roues et roulettes</b> (1545) (3 Catégories)</p>  <p><a href="#">Fixations pour roulettes</a> <a href="#">Roues de chariots</a> <a href="#">Roulettes industrielles</a></p>
<p><b>Systèmes de fixation</b> (136) (7 Catégories)</p>  <p><a href="#">Bras porte-à-faux</a> <a href="#">Brides pour profilés</a> <a href="#">Capuchons d'extrémité</a></p>			

# Questions

- En quoi une démarche lowtechnicisante (en entreprise) se distingue-t-elle d'une démarche frugale? D'une démarche d'éco-conception? D'une démarche "Développement Durable Responsabilité Sociétale"?
- Quelles sont les limites actuelles si la démarche de lowtechniciation devait être appliquée à une "échelle industrielle"?
- Prenez l'exemple d'un objet du quotidien, purement mécanique: que faudrait-il faire pour le lowtechniciser? Quelle organisation (impliquant une industrie) serait nécessaire?

- [IngeEngages-AuDelaBricolage] Du système D à un projet de société : La lowtech au delà du bricolage, <https://ingenieurs-engages.org/2022/11/du-systeme-d-a-un-projet-de-societe-la-lowtech-au-dela-du-bricolage>
- [Lowtechnation] <https://lowtechnation.com/lowtech/>
- [Ademe] ADEME. Démarches lowtech – rapport. [Librairie.ademe.fr](https://www.librairie.ademe.fr) [en ligne]. Publié le 18 mars 2022 [consulté le 22 avril 2022]. Disponible sur : <https://www.librairie.ademe.fr/dechets-economie-circulaire/5421-demarches-lowtech.html>
- [LaFabriqueEcologique] La Fabrique Écologique. Vers des technologies sobres et résilientes – Pourquoi et comment développer l'innovation« lowtech » ?. [lafabriqueecologique.fr](https://www.lafabriqueecologique.fr) [en ligne]. Publié le 14 avril 2019 [consulté le 20 avril 2022]. Disponible sur : <https://www.lafabriqueecologique.fr/vers-des-technologies-sobres-et-resilientes-pourquoi-et-comment-developper-linnovation-lowtech/>
- [LaPenseeEcologique] J. Carrey, S. Lachaize & G. Carbou. Les lowtechs comme objet de recherche scientifique. Vers une société pérenne, équitable et conviviale [en ligne]. Publié en décembre 2021 [consulté le 26 avril 2022]. Disponible sur : <https://lapenseeecologique.com/6312-2/>
- [UsineNouvelle] <https://www.usinenouvelle.com/article/l-industrie-peut-elle-devenir-frugale.N2105341>
- <https://doi.org/10.3917/rindu1.164.0023>
- [CultureMaker-Wikipedia] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Culture\\_maker](https://fr.wikipedia.org/wiki/Culture_maker)
- [DIY-Wikipedia] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Do\\_it\\_yourself](https://fr.wikipedia.org/wiki/Do_it_yourself)
- [GNU-Stallman-FreeHardwareDesign] <https://www.gnu.org/philosophy/free-hardware-designs.fr.html>
- [DD02-Baouch] Cours de DD02 dispensés par Yacine Baouch, suivis en P20
- [Apple-SSR-2021] <https://www.apple.com/fr/newsroom/2021/11/apple-announces-self-service-repair/>
- [Autoconstruction-Wikipedia] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Autoconstruction>
- [Survivalisme-Wikipedia] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Survivalisme>
- [Eco-industrie-Local-Parapluie] <https://www.eco-industrie-locale.fr/parapluie/>
- [Bihouix2014] L'Âge des lowtech", Philippe Bihouix, 2014, p.152
- [GlobalLowtech2022] Rapport de la Recherche-Action GLOCAL LOW-TECH, « Exploration des voies, méthodes et outils pour un essor systémique de la Low-Tech » <https://drive.google.com/file/d/1zxnnNNVwYUJSPBIKofphtPvCxf-EoXUX/view>