

"High Knowledge" des "High-Tech" au "Low-Tech": la contribution majeure de Lauric

F. Wurtz, S. Hodencq



Plan

- **La « High-Tech » et le « High Knowledge » avec Lauric**
- **Pourquoi l'approche Low-tech en enseignement**
- **Pourquoi la « Low-tech » en recherche**
- **Conclusion**
 - Vers une éthique de la « juste tech ! »

La « High-Tech » et la « High Knowledge » avec Lauric

THÈSE

Pour obtenir le grade de
DOCTEUR DE LA COMMUNAUTE UNIVERSITE GRENoble ALPES

Spécialité : **Génie Electrique**
 Arrêté ministériel : 25 mai 2016

Présentée par

Nicolas MOISSON-FRANCKHAUSER

Thèse dirigée par **Frédéric WURTZ**, Directeur de Recherche, G2Elab, et codirigée par **Lauric GARBUIO**, Maître de Conférences, G2Elab

préparée au sein du **Laboratoire G2Elab** dans l'École Doctorale **Electronique, Electrotechnique, Automatique et Traitement du Signal (EEATS)**

Development of Methods and Tools for the Design and Optimization of Brushless Doubly-Fed Induction Machines for Variable Speed Applications in Hydro-Generation

Thèse soutenue publiquement le **13 avril 2018**, devant le jury composé de :

- Georges, BARAKAT**
 Directeur du GREAH au Havre, Rapporteur, Président
- Thomas, LUGAND**
 Senior Engineer, GE Switzerland, Birr, Examineur
- Xavier, ROBOAM**
 Directeur de Recherches au LAPLACE à Toulouse, Examineur
- Abdelmounaim, TOUNZI**
 Professeur au L2EP à Lille, Rapporteur
- Frédéric, WURTZ**
 Directeur de Recherche au G2Elab à Grenoble, Directeur de Thèse
- Lauric, GARBUIO**
 Enseignant Chercheur au G2Elab à Grenoble, Co-Directeur de Thèse



I.6 – Different technologies of doubly-fed

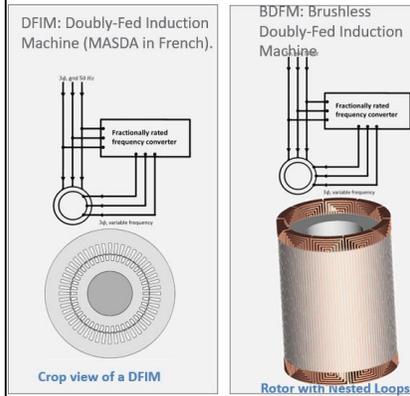


Figure 11: Topologies of DFIM, BDFM, and BDFRM

I.3 – Advantages of variable speed for Hydro-applications

Figure 3 : Schematic of a PSP

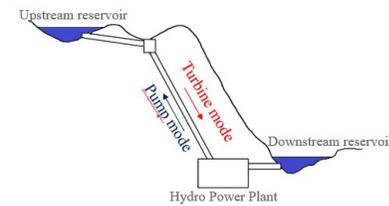


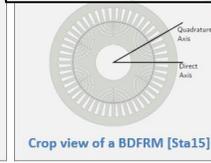
Figure 4: Grand Maison upstream reservoir

Grand Maison's PSP:

Hydraulic head: 922m Power: 1800 MW Commissioning: 1987 Cycle efficiency: > 75%



Figure 5: Geographic localization of Grand Maison's PSP



Equivalent circuit

1) The equivalent scheme representation that was developed:

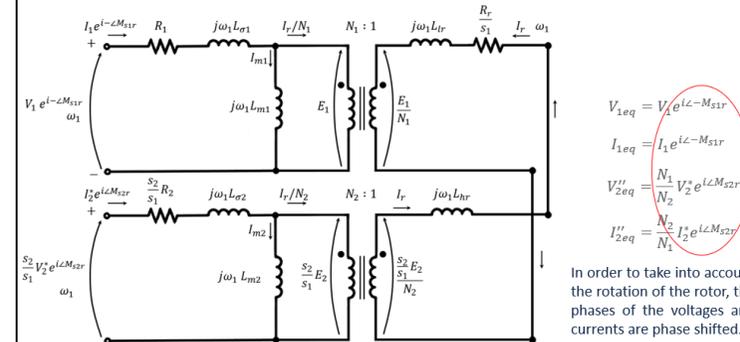


Figure 31: Equivalent circuit of the BDSM with Mutual Inductances

Pourquoi l'approche Low-tech: un vecteur stimulant pour l'enseignement

- <https://forum-lowtre-ecosesa.univ-grenoble-alpes.fr/t/journee-dechanges-06-10-quelle-place-pour-les-low-tech-dans-la-recherche-et-lenseignement/25/6>
- <https://videos.univ-grenoble-alpes.fr/video/13270-lapproche-low-tech-dans-des-enseignements-sur-des-sujets-energietransport-realisation-dun-boitier-flexfuel-diy-et-projet-integrateur-efuncup/>

• Extrait de 0min31s à 4 min 34 s

Grenoble INP ENSE3

"L'approche Low-Tech dans des enseignements sur des sujets énergie/transport bas carbone »

Lauric Garbuio Professeur associé au G2Elab

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE DE L'ÉNERGIE, L'EAU ET L'ENVIRONNEMENT

La Lowtech dans des apprentissages par projets pour des Ingénieurs

- Besoins en complément de la formation théorique :
 - De projets **intégrateurs de connaissance** => conception de systèmes complets
 - De projets à **finalité concrète** => faisables dans un temps, un environnement compatible avec l'écosystème école => Apport des FabLab
 - De projets **motivants** => préoccupations actuelles personnelles ou collectives
 - De **développer un esprit critique** => Possibles alternatives aux solutions HighTech? La « bonne » technologie en réponse à un besoin sous contrainte?

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE DE L'ÉNERGIE, L'EAU ET L'ENVIRONNEMENT



L'approche Low-Tech dans des enseignements sur des sujets énergie/transport: réalisation d'un boîtier FLEXFUEL DIY et Projet Intégrateur EFunCup

Pourquoi l'approche Low-tech: un vecteur stimulant pour l'enseignement

- « ... Développer l'esprit critique ... »
- « ... ne pas opposer low-tech et high-tech ... penser les alternatives ... »
- « ... rechercher le meilleur optimum entre coût et bénéfice ... »

Verbatim Lauric



Bienvenue sur le forum LowTRE, Low-Tech Recherche et Enseignement. L'enjeu de cette communauté est de déclencher une prise de conscience et de décision dans le milieu universitaire sur la nécessité de repenser nos activités en les adaptant aux défis actuels d'une société que nous souhaiterions sobre et résiliente.

- *Pour qui ?*
Enseignant.e.s, chercheur.se.s et toute autre personne intéressée par les low-tech dans la recherche et l'enseignement.
- *Que peut-on trouver ici ?*
Des sujets de discussion répartis en thématiques autour des low tech dans la recherche, dans l'enseignement et autres discussions générales qui y sont liées.

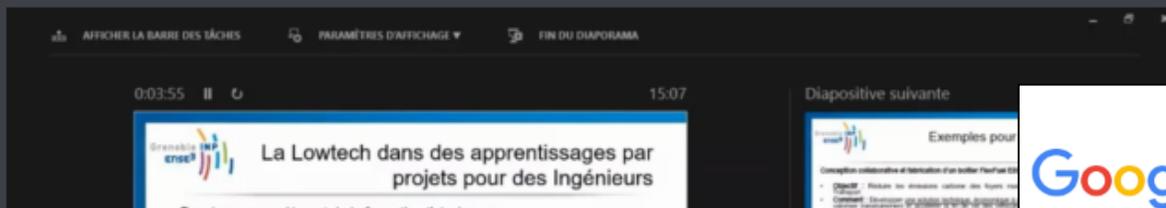
Journée d'échanges 06/10 "Quelle place pour les low-tech dans la recherche"

6 mai '20

1/6 mai 2020

s et avec l'appui du programme de recherche disciplines de Sciences Physique et Ingénierie ainsi que ins au sein de l'Université Grenoble Alpes une **Journée recherche et dans l'Enseignement le mardi 6 octobre**

- « L'approche Low-Tech dans des enseignements sur des sujets énergie/transport: réalisation d'un boîtier FLEXFUEL DIY et Projet Intégrateur EFunCup » - Lauric Garbuio, Professeur associé au G2E Lab



0:03:55 15:07 Diapositive suivante

Grenoble Enseignements Supérieurs

La Lowtech dans des apprentissages par projets pour des Ingénieurs

Exemples pour

Conception collaborative et fabrication d'un boîtier FlexFuel DIY

Objectif: Réaliser les circuits culture des types de

Comment: Développer un projet de

Google

lowTRE Lauric Garbuio

Une approche « low-tech » pour la décarbonation de la mobilité

Grenoble INP ense3

Exemples pour une mobilité moins carbonée

Conception collaborative et fabrication d'un boîtier FlexFuel E85 DIY

- **Objectif** : Réduire les émissions carbone des foyers modestes liées au Transport
- **Comment** : Développer une solution technique, économique à court terme pour valoriser transitoirement et accélérer la fin de vie des véhicules à combustion interne à injection indirecte d'essence par une conversion au biocarburant E85
- **Bénéfices** :
 - Améliorer l'impact et l'investissement économique et écologique du parc de voitures déjà en circulation pour les foyers modestes sans offres alternatives et souhaitant agir
 - Dégager maintenant des marges de manœuvre financières pour accélérer la transition vers une mobilité bas carbone des foyers modestes
- **Risques** :
 - Effet rebond, ralentir la mise à la casse de véhicules émetteur de (moins de) CO2?
- **Pourquoi une approche LowTech?**
 - Favoriser l'accessibilité : Faible prix des composants nécessaires, simplification technique => compensé par l'investissement personnel (temps)
 - Implication des personnes et appropriation : évolution & maintenabilité du dispositif, pas de profit => diffusion rapide
 - Vaste support des forums IoT, des FabLab pour la récupération et le développement de codes informatiques, de circuit électriques, de connaissances sur les moteurs...
- **Freins** : Législatifs (homologation, assurance...)



06/10/2020 École nationale supérieure de l'énergie, l'eau et l'environnement 3

<https://forum-lowtre-ecosesa.univ-grenoble-alpes.fr/t/journee-dechanges-06-10-quelle-place-pour-les-low-tech-dans-la-recherche-et-lenseignement/25/6>

« ... Impliquer les gens ... »

<https://theconversation.com/et-si-lecologie-cetait-plutot-de-rouler-avec-nos-vieilles-voitures-214495>

THE CONVERSATION

L'expertise universitaire, l'exigence journalistique

Et si l'écologie, c'était plutôt de rouler avec nos vieilles voitures ?

Publié : 1 octobre 2023, 17:45 CEST • Mis à jour le : 1 octobre 2023, 17:55 CEST

Gaëtan Mangin

ATER en sociologie, Université d'Artois, docteur en sociologie, Université de Bourgogne – UBFC



Une Renault 16 garée à Nevers, 2017. La voiture écolo par définition ?
crash71100/Flickr, CC BY-NC-ND

Une ambition « Low-Tech » mobilisant du « High-Knowledge »

Conception d'une hydrolienne LowTech

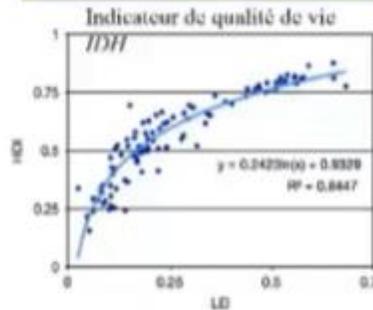
- Favoriser l'accès à l'énergie électrique? Pour qui? Pourquoi?

1 personne sur 7 sans électricité en 2015



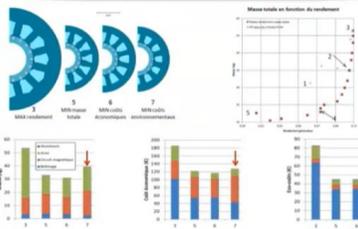
OBJECTIFS DE DEVELOPPEMENT DURABLE

« Garantir l'accès de tous à des services énergétiques fiables, durables et modernes, à un coût abordable »
ODD 7, ONU



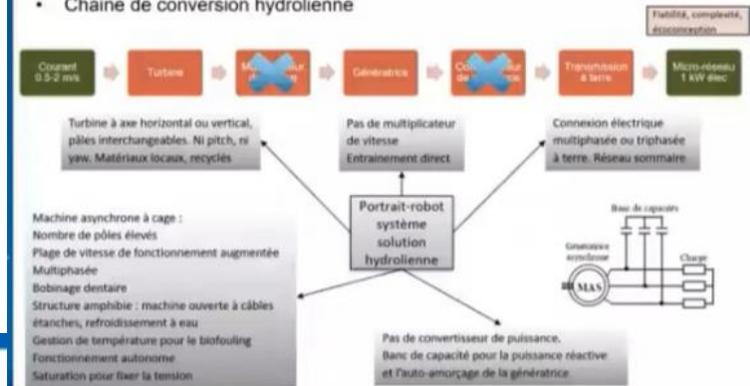
- Effets bénéfiques : éducation, social, économique, environnement...
- Mais capital disponible modeste : financier, technique...

Conception d'une hydrolienne LowTech



Conception d'une hydrolienne LowTech

- Chaîne de conversion hydrolienne



- En concurrence d'un groupe Diesel => Hydrolienne
 - Ressource primaire locale, renouvelable, faiblement intermittente et prédictible
 - Densité énergétique compatible aux besoins identifiés
 - Réduit le besoin en éléments de stockage couteux (CAPEX, OPEX, empreinte Env.)

- Mais quelle technologie?



- Downsizing ou hacking de structures existantes par les populations concernées => pas forcément bien adéquate... pas forcément suffisamment performante... Appropriable?

Simples, fiables, réparables, accessibles financièrement et en termes de connaissances, respectueux de l'humain et de l'environnement

Appropriate-tech Low-tech

Pourquoi la Low-tech en recherche ?

- **La conviction qu'une approche Low-Tech de grande qualité nécessite des connaissances de haut niveau**
- **Qu'il n'y a pas d'opposition à avoir entre le « low-tech » et le « high-tech »**
 - Vers une éthique de la « juste-tech »
 - En fonction des terrains, des acteurs, des objectifs

Pourquoi la Low-tech en recherche

Un séminaire commun à G-SCOP



"Low tech" & transition énergétique. Enjeux, opportunités verrous, problématiques, et perspectives: premières approches et solutions

Contacts: V. Debusshere, B. Delinchant, L. Garbuio, S. Hodencq, K. Mallard, F. Wurtz



09/10/2023



- **Titre :** »Low tech« & transition énergétique. Enjeux, opportunités verrous, problématiques, et perspectives: premières approches et solutions

- **Abstract:** Dans un cadre de nécessaire transition énergétique pour répondre aux enjeux climatiques, une approche de type "low-tech" paraît pertinente à questionner. Elle laisse d'abord entrevoir la perspective de solutions allant des composants jusqu'aux systèmes de production, de stockage et d'usage de l'énergie dont l'ambition majeure serait, typiquement, d'aller vers 1 usage simple, adapté, durable, robuste, fiable, sobre et massifié. Elle questionne ensuite, notamment lorsqu'elle s'appuie sur les mouvements de l'open source, ou de l'open hardware, les processus et les outils de conception, qui deviennent dès lors ouverts en mobilisant potentiellement de larges compétences et acteurs. Mais qu'en est-il vraiment dans le domaine de l'énergie ? Quel positionnement par rapport aux approches plus classiques dite "high-tech" ? Quels objets ou applicatifs pourraient se prêter aux approches "low-tech" ? Autant de questions que les intervenants aborderont, partant d'un point de vue "concepteur de composants et de système en énergie", et d'un point de vue "conception d'outil de calcul et de conception collaborative". Sera ainsi brossé un panorama des enjeux, des opportunités, des verrous et une illustration par des exemples de composants et de systèmes étudiés, et d'outils développés et mis à disposition de l'approche. L'ensemble visera à montrer que si une approche "low-tech" devait émerger massivement dans le domaine de l'énergie, elle nécessitera néanmoins une mobilisation de compétence de haut niveau dans des phases de conception et d'études si on veut atteindre les réelles performance de durabilité, de disponibilité et de facilité au niveau de la mise en oeuvre et de l'usage que promet le « low tech » .

Le 4 février 2020

Pourquoi la Low-tech en recherche

Introduction: Quel type d'approche « low-tech »



■ Les promesses du « low-tech » pour ces nouveaux acteurs ?

- 1 usage simple, adapté, durable, robuste, fiable, sobre et massifié ... entre autres ?

■ Une approche « high-knowledge » for « low-tech »

■ Des connaissances théoriques académiques et fondamentales

- Pour 1 petit nombre

■ Aux connaissances pratiques de mise en œuvre et de maintenance

- Pour 1 très grand nombre

Introduction: Quel type d'approche low-tech



■ Quelles questions posées

- C'est quoi « low-tech » ?
 - Quelle position notamment par rapport au « high-tech » ?
- De nouveaux processus de conception avec implication de nouveaux acteurs ?
 - De type Open Design
 - Open Source, Open Data, Open-Hardware ... dans la foulée de l'open-science ?
- Qu'en est-il vraiment dans le domaine de l'énergie ?
 - Quel positionnement par rapport aux approches plus classiques dite "high-tech" ?
 - Quels objets ou applicatifs pourraient se prêter aux approches "low-tech" dans le domaine de l'énergie ?
 - Quel nouveaux processus de conception et quels nouveaux outils ?

Pourquoi la Low-tech en recherche

Côté production: application hydrolienne



- Choix par rapport à la fiabilité, la complexité, l'écoconception
- Système: portrait-robot de la solution hydrolienne adaptée
 - Réduire les éléments sensibles : simplifier, rendre plus robuste/réparable
 - Une solution avec des composants à réparer est envisagée, si:
 - La réparation est simple et économique, les pièces de rechange sont disponibles et économiques
 - Rendre plus robuste dégrade la durabilité globale (accessibilité, complexité, coûts, impacts)



■ Composant: génératrice électrique adaptée

- Portrait-robot:
 - Type ? machine asynchrone à cage
 - Puissance ? quelques kW
 - Mode ? autonome (condensateur) et saturé
 - Refroidissement ? ouvert à eau
 - Bobinage ? par câble hydrocompatible
- Modèle analytique: électromagnétique, thermique, coûts économiques et environnementaux
 - pour réaliser un pré-dimensionnement optimisé sur les critères quantitatifs de durabilité

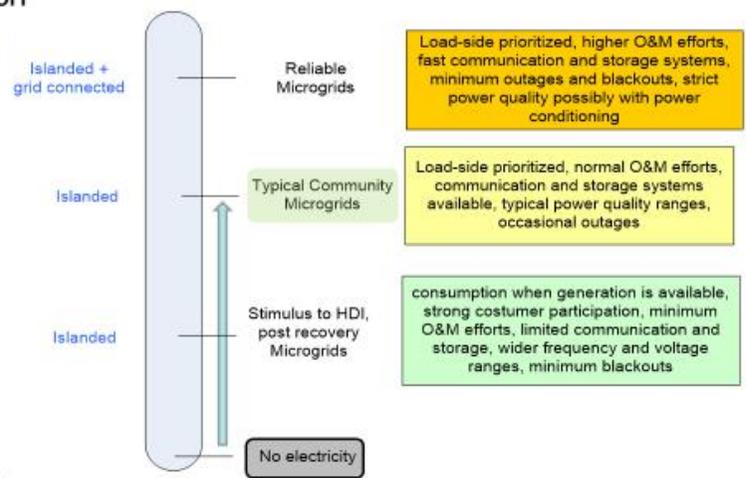


Côté gestion: Un niveau manquant vers l'électrification



High Tech

Low Tech



Pourquoi la Low-tech en recherche

Small energy communities



- **Problématiques des travaux Madea/Syrel au G2Elab ?**
 - Comment concevoir les solutions durables?
 - Outils, méthodes développés au laboratoire
 - A quoi ressemblent les solutions durables?
 - Nouvelles technologies, systèmes, composants
- **Côté production d'énergie: Kathleen**
 - Objectif: Favoriser la durabilité des système de production énergétique
 - Comment caractériser la durabilité d'un système de production énergétique?
 - Comment concevoir le système de production énergétique durable?
- **Côté gestion de l'énergie: Kevin**
 - Objectif: Favoriser la durabilité des micro-réseaux
 - Comment caractériser la résilience d'un micro-réseau ?
 - Comment concevoir un micro-réseau résilient?

Côté production: hydrolienne pour l'accès à l'énergie



- **Hydroliennes mer/rivière**
 - Systèmes marins inspirés de l'éolien (0,5-2 MW)
 - Complexes, coûteuses: production d'électricité en masse sur le réseau



- **Solution hydrolienne durable pour communautés isolées en bord de mer ou rivière au potentiel hydrocinétique élevé**

- Accès à l'énergie 2-3/5
- Cas mer: ile de pêcheurs en Indonésie
- Cas rivière: station de recherche des Nouragues en Guyane





UGA
Université Grenoble Alpes

THÈSE
Pour obtenir le grade de
DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ GRENOBLE ALPES
Spécialité : GENIE ELECTRIQUE
Année universitaire : 2019-2020

Présentée par
Kathleen MALLARD

Thèse dirigée par **Lauric GARBUIO**, MCF, Grenoble INP, G2Elab et codirigée par **Vincent DEBUSSCHERE**, MCF, Grenoble INP, G2Elab

préparée au sein du Laboratoire de Génie Electrique de Grenoble (G2Elab) dans l'Équipe Doctorale Electronique, Electrotechnique, Automatique, Traitement du Signal (EEATS)

Démarche de conception multicritère de système de production d'énergie
- Application à une hydrolienne durable et résiliente pour micro-réseau isolé

Multi-criteria design approach for power generation system
- Application to a sustainable and resilient hydrokinetic turbine for isolated microgrid

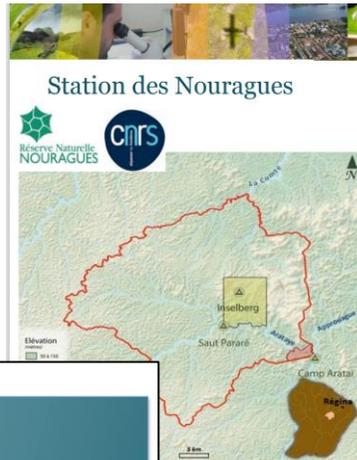
Thèse soutenue publiquement le 1 octobre 2020, devant le jury composé de :-
Madame Peggy ZWOLINSKI, Professeure des universités, Grenoble INP, Présidente
Monsieur Yacine AMARA, Professeur des universités, Université La Haine Normande, Rapporteur
Monsieur Claude MARCHAND, Professeur des universités, Université Paris-Sud, Rapporteur
Monsieur Frédéric WURTZ, Directeur de recherche, CNRS Délégation Alpes, Examinateur

Monsieur Lauric GARBUIO, Maître de conférences, Grenoble INP, Directeur de thèse
Monsieur Vincent DEBUSSCHERE, Maître de conférences, Grenoble INP, Co-directeur de thèse
Monsieur Flavien MARTINE, Industriel, Guahard Energies Nouvelles, Invité

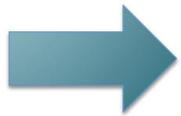
Pourquoi la Low-tech en recherche

Avec un déploiement en Amazonie – Station des Nouragues

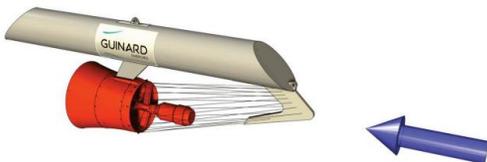
- Lauric, Kathleen, Antoine, Christophe, Laurine, Fred, ...



Enjeu



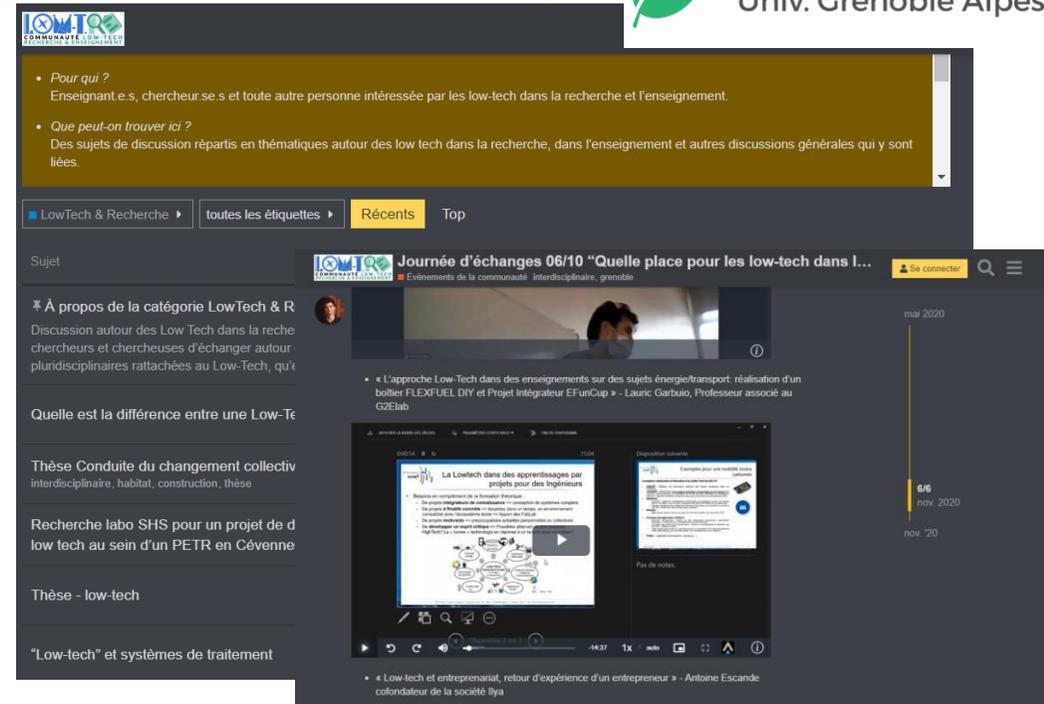
FEDER Innovation
Expérimentation Hydrolienne
fluviale aux Nouragues



Conclusion (provisoire le 4.2.2020)

- **Une définition de ce que le « low-tech » qui reste encore largement à définir**
- **Des applications émergentes en énergie:**
 - Le « low-tech » des composants jusqu'au « energy communities »
- **De nouveaux process et outils de conception de type Open-Design**
- **Une approche "low-tech" pourrait massivement émerger dans le domaine de l'énergie**
 - *elle nécessitera néanmoins une mobilisation de compétences de haut niveau dans des phases de conception et d'études si on veut atteindre les réelles performance de durabilité, de disponibilité et de facilité au niveau de la mise en oeuvre et de l'usage que promet le « low-tech »*

Et la reconnaissance institutionnelle et collective est en cours



<https://forum-lowtre-ecosesa.univ-grenoble-alpes.fr/c/lowtech-recherche/5>

<https://miti.cnrs.fr/appel-a-projets/sciences-frugales/>

Axe 4 de l'OTE



Vers une éthique de la « juste tech ! »
Lauric aura été un acteur de cette émergence

Et la reconnaissance institutionnelle et collective est en cours

<https://transitions2050.ademe.fr/>

<https://librairie.ademe.fr/consommer-autrement/5421-demarches-low-tech.html>

Technique
Rapport au progrès, numérique, R&D

- Innovation autant organisationnelle que technique
- Règne des **low-tech**, réutilisation et réparation
- Numérique collaboratif
- Consommation des **data centers** stable grâce à la stabilisation des flux

• 16

Que retenir !

- **"High Knowledge" des "High-Tech" au "Low-Tech": la contribution majeure de Lauric**
- **Vers une éthique de la « juste tech ! »**
 - Lauric aura été un acteur de cette émergence
- **Avec une pré-occupation sociale & sociétale**



Les transparents

**En grand !
Et utiles**

Introduction: Quel type d'approche « low-tech »

- **Les promesses du « low-tech » pour ces nouveaux acteurs ?**
 - 1 usage simple, adapté, durable, robuste, fiable, sobre et massifié ... entre autres ?

- **Une approche « high-knowledge » for « low-tech »**
 - **Des connaissances théoriques académiques et fondamentales**
 - **Pour 1 petit nombre**
 - **Aux connaissances pratiques de mise en œuvre et de maintenance**
 - **Pour 1 très grand nombre**

Introduction: Quel type d'approche low-tech

■ Quelles questions posées

- C'est quoi « low-tech » ?
 - Quelle position notamment par rapport au « high-tech » ?
- De nouveaux processus de conception avec implication de nouveaux acteurs ?
 - De type Open Design
 - Open Source, Open Data, Open-Hardware ... dans la foulée de l'open-science ?
- Qu'en est-il vraiment dans le domaine de l'énergie ?
 - Quel positionnement par rapport aux approches plus classiques dite "high-tech" ?
 - Quels objets ou applicatifs pourraient se prêter aux approches "low-tech" dans le domaine de l'énergie ?
 - Quel nouveaux processus de conception et quels nouveaux outils ?

Low-techs : définition(s)

■ Question sémantique : Low-Techs = Technologies...

- “Not using the most recent equipment or methods” *Cambridge Dictionary*
- Intermédiaires / appropriées (E.F. Schumacher) ; conviviales (I. Illich) ; autonomes (A. Gorz), ; libératrices (M. Bookchin) ; démocratiques (L. Mumford) ; douces (L. Simonet)

■ Définition plurielle des Low-Tech

- Technologie douce: petite échelle, sobre, respectueuse de l'environnement, forte en main d'œuvre ; **technique non-neutre**
- Low Tech lab: utile, durable, accessible
- Philippe Bihouix: sobre, durable, dignes ; **concept sociétal**

■ Opposées aux High-Techs ?

- Non: HT et LT ont leur places dans la transition → choix éclairé selon besoin, utilisateurs, contexte
- Non : granularité des LT

Small energy communities

■ Energie pour le Développement (SE4All):

Des systèmes de production aux micro-réseaux durables

- Développement local
 - Progrès humain, social, économique grâce à l'énergie
- Accès à l'énergie
 - Extension du réseau ou production locale
- Quantité et qualité de l'énergie en cohérence avec le niveau d'accès
 - Continuité et fiabilité du service électrique
- Source
 - Préférence pour les ressources renouvelables disponibles
- Communautés isolées et contraintes
 - Moyens techniques et financiers limités, accès difficile, maîtrise locale (fabrication, entretien, recyclage)

■ Démarche low-tech de l'énergie pour les communautés

- Adapter la solution technologique au contexte isolé et contraint
 - Soit on transforme des solutions existantes en solutions dégénérées
 - Soit on invente à partir de zéro
- Technologies:
 - Accessibles: économiquement et vis-à-vis des compétences techniques (simples d'usage),
 - Durables: dans le temps (robuste, modulaire, réparable) et vis-à-vis des impacts sociaux et environnementaux.

Small energy communities

■ Problématiques des travaux Madea/Syrel au G2Elab ?

- Comment concevoir les solutions durables?
 - Outils, méthodes développés au laboratoire
- A quoi ressemblent les solutions durables?
 - Nouvelles technologies, systèmes, composants

■ Côté production d'énergie: *Kathleen*

- Objectif: Favoriser la durabilité des système de production énergétique
 - Comment caractériser la durabilité d'un système de production énergétique?
 - Comment concevoir le système de production énergétique durable?

■ Côté gestion de l'énergie: *Kevin*

- Objectif: Favoriser la durabilité des micro-réseaux
 - Comment caractériser la résilience d'un micro-réseau ?
 - Comment concevoir un micro-réseau résilient?

Côté production: hydrolienne pour l'accès à l'énergie

■ Hydroliennes mer/rivière

- Systèmes marins inspirés de l'éolien (0,5-2 MW)
- Complexes, coûteuses: production d'électricité en masse sur le réseau



■ Solution hydrolienne durable pour communautés isolées en bord de mer ou rivière au potentiel hydrocinétique élevé

- Accès à l'énergie 2-3/5
- Cas mer: ile de pêcheurs en Indonésie
- Cas rivière: station de recherche des Nouragues en Guyane



Côté production: application hydrolienne

■ Choix par rapport à la fiabilité, la complexité, l'écoconception

■ Système: portrait-robot de la solution hydrolienne adaptée

- Réduire les éléments sensibles : simplifier, rendre plus robuste/réparable
- Une solution avec des composants à réparer est envisagée, si:
 - La réparation est simple et économique, les pièces de rechange sont disponibles et économiques
 - Rendre plus robuste dégrade la durabilité globale (accessibilité, complexité, coûts, impacts)



■ Composant: génératrice électrique adaptée

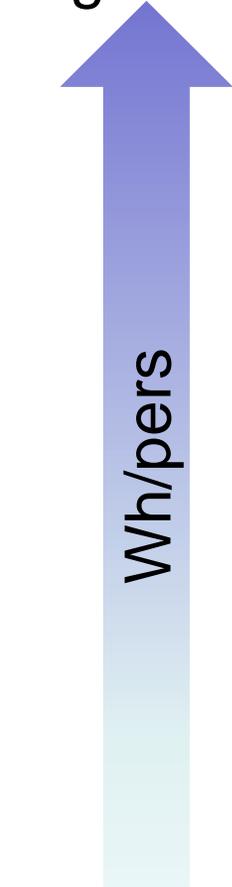
- Portrait-robot:
 - Type ? machine asynchrone à cage
 - Puissance ? quelques kW
 - Mode ? autonome (condensateur) et saturé
 - Refroidissement ? ouvert à eau
 - Bobinage ? par câble hydrocompatible
- Modèle analytique: électromagnétique, thermique, coûts économiques et environnementaux
 - pour réaliser un pré-dimensionnement optimisé sur les critères quantitatifs de durabilité



Côté gestion:

Un niveau manquant vers l'électrification

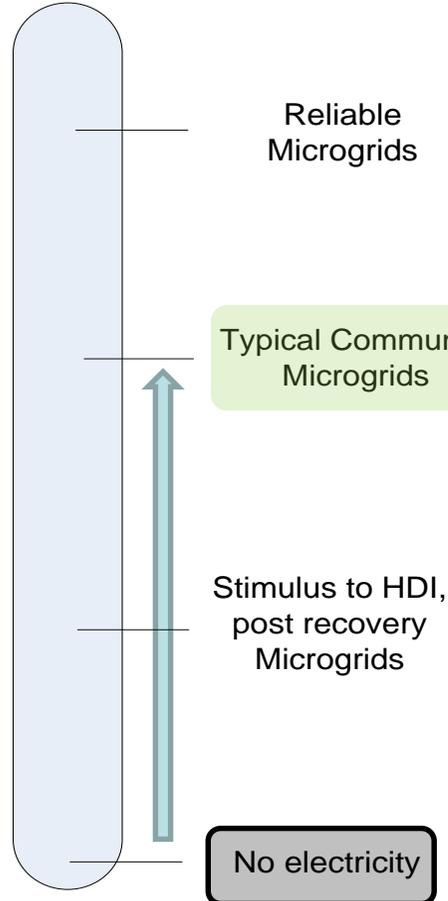
High Tech



Islanded +
grid connected

Islanded

Islanded



Reliable
Microgrids

Typical Community
Microgrids

Stimulus to HDI,
post recovery
Microgrids

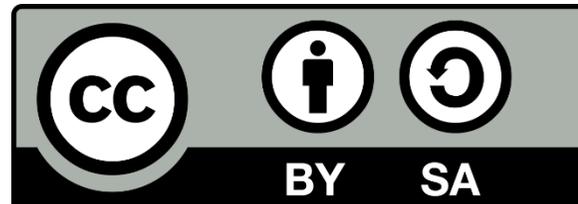
No electricity

Load-side prioritized, higher O&M efforts, fast communication and storage systems, minimum outages and blackouts, strict power quality possibly with power conditioning

Load-side prioritized, normal O&M efforts, communication and storage systems available, typical power quality ranges, occasional outages

consumption when generation is available, strong customer participation, minimum O&M efforts, limited communication and storage, wider frequency and voltage ranges, minimum blackouts

Low Tech



Except where otherwise noted, this work and its contents (texts and illustrations) are licensed under the Attribution 4.0 International ([CC BY-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/))

Please quote as: “"High Knowledge" des "High-Tech" au "Low-Tech": la contribution majeure de Lauric – 11 octobre 2023” , Wurtz Frédéric, Sacha Hodencq, [G2Elab](https://www.g2elab.com/) | [CC BY-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)