SEMESTRE PISTE 2022/2023 - RAPPORT FINAL

Numérique Low-tech

Porteurs de projets :

Romain Couillet
Sacha Hodencq
Achille Baucher

Coach du projet :
Manuel Selva

Membres du groupe :

Julie Mignerey–Koelsch
Pierre-Thomas Demars
Celeste De Bourmont
Simon Chabanne
Valentin Girard

En partenariat avec :

Ce document est sous licence CC-BY-SA

Première partie

AVANT PROPOS

1 Résumé

Alors que les discussions sur l'Anthropocène [1] et les limites planétaires [2] sont grandissantes au sein des débats médiatiques, les Technologies de l'Information et de la Communication semblent parfois échapper à la remise en question de leurs impacts. Si la transition numérique est régulièrement présentée comme un allié de la transition écologique, il apparait de plus en plus clairement que le numérique fait plutôt partie du problème que de la solution. À rebours de la transition numérique, il est désormais essentiel d'impulser les idées de sobriété, de low-tech et de démantèlement au sein de ces technologies.

Dans ce cadre contextuel, notre équipe de cinq étudiants de l'ENSE3 a été encadrée par le Laboratoire d'informatique de Grenoble et le Low-Tech Lab de Grenoble et aidé par leurs professeurs pour proposer des pistes de réflexion et un prototype pour rediriger le numérique vers les valeurs de la low-tech.

Après avoir fait un état de l'art de la situation du numérique actuel et des initiatives déjà existantes, nous avons décidé de créer un prototype : Dominik. Ce système permet d'avoir accès à des fonctionnalités essentielles du numérique dans des situations où l'accès au numérique traditionnel n'est plus permis, par exemple à cause du manque de ressources matérielles, du manque de disponibilité en énergie, de répression politique, etc...

La conception de ce système s'est aussi accompagnée d'une phase de sensibilisation, pour diffuser l'idée que le monde du numérique n'est pas soutenable sur le long terme, et pour initier les utilisateurs à repenser la place du numérique à travers la prise en main de notre système. Dans une optique de partage de ces connaissances, de diffusion et de réappropriation de notre système, nous avons documenté suivant les principes de la science ouverte la réalisation de Dominik et nous l'avons diffusé sous forme de tutoriel, à la fois sur notre propre site internet éco-conçu, et sur le Wiki du Low-Tech Lab.

2 Remerciements

Avant de s'engager dans le rapport, nous aimerions sincèrement remercier les personnes qui ont aidé à la construction et l'amélioration de ce projet.

Dans un premier temps, Fanny Poinsotte, Aurélie Feron et Laurent Jossic pour l'encadrement du semestre PISTE au sein de Grenoble INP, qui permettent à ces projets qui ont du sens pour nous d'exister.

Nous aimerions exprimer notre énorme gratitude envers nos porteurs de projet : Romain Couillet, Sacha Hodencq et Achille Baucher ; qui, du début à la fin, n'ont cessé d'émettre des remarques pertinentes quant aux réflexions sur l'essence même du projet. Que ce soit sous la forme de ressources, de critiques, de questions, leurs mots nous ont toujours encouragé à pousser la réflexion plus loin.

Nous remercions Manuel Selva pour son soutien et sa disponibilité en tant que coach pour ce projet. Il a, lui aussi, été à la source de nombreux retours toujours constructifs.

Également un grand merci aux élèves de l'IAE Diego, Gautier et Cyprien qui ont su attraper le projet en plein vol et qui nous ont grandement aidé à le faire avancer.

Enfin, merci aux petites mains satellites qui ont apporté de la matière au projet : l'ensemble de l'équipe pédagogique de PISTE, Germain du Fablab du campus de Grenoble, l'administration de l'ENSE3 ou encore les membres du Low-Tech Lab de Grenoble.

Glossaire

ACV Analyse de Cycle de Vie. 37, 41–43, 49

AMDEC Analyse des Modes de Défaillance, de leur Effets et de leur Criticité. 5, 44, 46

DEEE Déchet d'Équipement Électrique et Électronique. 13, 14, 49

Dominik C'est le nom que l'on a donné au système que nous avons créé. Il permet d'accéder à des fonctionnalités essentielles du numérique dans différents cas d'usage. 1, 20, 21, 26, 29, 30, 33, 36–41, 48, 51–54, 57–59

ENSE3 École Nationale Supérieure de l'Énergie, de l'Eau et de l'Environnement. 1, 2, 5, 9, 49

ENSIMAG L'École Nationale Supérieure d'Informatique et de Mathématiques Appliquées de Grenoble. 56

IA Intelligence Artificielle. 56

IAE Institut d'Administration des Entreprises. 2, 6, 30, 33, 56, 57

IGP Irradiation Solaire Globale (en kWh/m^2). 24, 26, 27

ISO 14040 :2006 Norme qui spécifie les principes et le cadre applicables à la réalisation d'analyses du cycle de vie. 41, 42

LIG Laboratoire d'informatique de Grenoble. 1, 9, 56, 58, 59

LTLG Low-Tech Lab de Grenoble. 1, 2, 9, 27, 51, 57–59

MPPT Maximum Power Point Tracking. 24, 27

NAS Network Attached Storage. 52, 55

OS Operating System. 46

PISTE Pour une Ingénierie Sobre-Techno et Éco-responsable. 2, 9

PWM Pulse With Modulation. 24, 27

Sneakernet Transfert de fichiers hors réseau informatique, comme lorsqu'on se passait des clés usb avec des films ou des CD avec des jeux vidéos. 20, 21, 33

SSH Secure Shell. 32, 47

TIC Technologies de l'Information et de la Communication. 1

Wiki du Low-Tech Lab Ce wiki recense de nombreux tutoriels sur la fabrication de systèmes low-tech. 1, 48

Table des matières

I AVANT PROPOS **1**

1 Résumé **1**

2 Remerciements **2**

II PARTIE PRINCIPALE **9**

3 Introduction **9**

4 Cahier des charges **10**

5 Contexte **12**
5.1 Les impacts du numérique . . . 12
5.1.1 Les matières premières . . . 12
5.1.2 Les déchets . . . 12
5.1.3 Un impact sur le bien-être . . . 14

6 Prisme Low-tech **17**
6.1 Low-tech . . . 17
6.2 Accessibilité et durabilité . . . 17
6.3 Utilité (et application aux cas des camps de réfugiés) . . . 17

7 Concept de Dominik **19**
7.1 Module central . . . 19
7.2 Module énergétique . . . 19
7.3 Module de mobilité . . . 19
7.4 Usages . . . 19
7.4.1 Fonctions techniques . . . 19
7.4.2 Prise en main . . . 20
7.4.3 Public visé . . . 20

8 Notre interprétation du concept : notre Dominik **21**
8.1 Description du système . . . 21
8.2 Module central : smartphone . . . 22
8.2.1 Choix du smartphone . . . 22
8.3 Module énergétique : alimentation photovoltaïque . . . 23
8.4 Contrôle et tests . . . 24
8.4.1 Afficheur de batterie . . . 24
8.4.2 Protocole de test . . . 26
8.4.3 Résultats . . . 26
8.4.4 Analyse des résultats . . . 26
8.4.5 Fonctionnement du PWM . . . 27
8.5 Module de mobilité : glacière . . . 27

9 Les usages de notre Dominik **29**
9.1 Charge de matériel numérique . . . 29
9.2 Partage de connexion . . . 29
9.3 Hébergement d'un site internet . . . 29
9.3.1 Installation d'un serveur web http & usage local . . . 29

9.3.2 Par Wi-fi configurable . . . 30
9.3.3 Serveur d'autohébergement mobile . . . 30
9.3.4 Éco-conception numérique & templates de l'IAE . . . 30
9.3.5 Contenu du site . . . 30
9.3.6 Sécurité du site . . . 31
9.4 Réseau local . . . 31
9.4.1 Manyverse . . . 31
9.4.2 Commandes SSH . . . 32
9.4.3 Avertissement sur l'utilisation du réseau local . . . 32
9.5 Stockage hors-ligne et Sneakernet . . . 33
9.5.1 Sondage . . . 33
9.5.2 Contenu sélectionné . . . 34

10 Les limites & pistes de solution 34
10.1 Mise en ligne d'un site internet par la 4G . . . 34
10.2 Portée du réseau local . . . 35
10.3 Interruptions du serveur . . . 35

11 Évaluations et analyses de notre Dominik 36
11.1 Analyse budgétaire . . . 36
11.2 Enjeux socio-écologiques . . . 37
11.3 Expérience utilisateur (UX) . . . 38
11.3.1 Importance de l'utilisateur . . . 38
11.3.2 Méthode d'interview . . . 38
11.3.3 Personnes interviewées . . . 39
11.3.4 Résultats . . . 39
11.3.5 Niveaux d'acceptabilité . . . 40
11.3.6 Actions réalisées . . . 41
11.4 Analyse de cycle de vie (ACV) . . . 41
11.4.1 Champs de l'étude . . . 41
11.4.2 Difficultés rencontrées . . . 43
11.4.3 Résultats et interprétations . . . 43
11.5 Analyse de risques . . . 44
11.5.1 AMDEC . . . 44
11.5.2 Arbre de défaillance . . . 45
11.5.3 Diagramme nœud papillon . . . 46
11.5.4 Synthèse . . . 47

12 Diffusion 48
12.1 Sensibilisation . . . 48
12.1.1 Ressources de sensibilisation du site . . . 48
12.1.2 Semaine de sensibilisation . . . 49
12.1.3 Ateliers pédagogiques à l'ENSE3 . . . 49
12.1.4 Atelier au Low-tech Lab de Grenoble . . . 51
12.2 Science ouverte . . . 53
12.2.1 Importance pour notre projet . . . 53
12.2.2 Licences . . . 53
12.2.3 Communs . . . 54

III PARTIE FINALE 55

13 Aspect gestion de projet **55**
13.1 Gestion d'équipe . . . 55
13.1.1 Organisation générale de l'équipe . . . 55
13.1.2 Intégration des étudiants de l'IAE . . . 56
13.1.3 Relation avec nos porteurs de projet et notre tuteur école . . . 56
13.2 Gestion du temps . . . 56

14 Suite du projet **58**
14.1 Nos impasses - nos échecs - notre manque de temps . . . 58
14.2 Utilisation de nos travaux . . . 58

15 Conclusion **59**

IV ANNEXES **61**

A Réponse à l'appel d'offre **61**

B Fictions de lownum **78**
B.1 OSlow . . . 78
B.2 httpslow :// . . . 78
B.3 Bibli'low'box . . . 78

C Rapport sur l'application dans les camps de réfugiés **79**

D Analyse hiérarchique multicritère pour le choix du serveur **79**

E Analyse hiérarchique multicritère pour le choix de l'alimentation **83**

F Calculateur de dimensionnement d'installation solaire de faible puissance **89**

G Analyse hiérarchique multicritère pour le choix du caisson **89**

H Calculs thermique pour la question de la nécessité d'un dispositif de ventilation **95**
H.1 Calcul de la résistance thermique d'une glacière . . . 95
H.2 Calcul de l'élévation de la température dans la glacière . . . 96
H.3 Conclusion . . . 96

I Analyse hiérarchique multicritère pour le choix de l'afficheur de batterie **97**

J Rapport du sondage sur l'essentiel du numérique **104**

K Calculer un budget en prenant en compte la récupérabilité et l'opportunité de seconde main **109**
K.1 Introduction . . . 109
K.2 Choix des résultats . . . 109
K.3 Les différents termes utilisés . . . 109
K.4 Calcul des ajustements . . . 109
K.5 Conclusion . . . 110

L Présentation aux utilisateurs **111**
L.1 CONTEXTE . . . 111
L.2 A QUOI CA SERT . . . 111
L.3 QU'EST-CE QUE C'EST - le système . . . 111
L.4 QU'EST-CE QUE C'EST - notre Dominik . . . 112

L.5 COMMENT CA MARCHE 112
L.6 POUR QUI ? 112

M Retour des interviews utilisteur 112

N Tableaux de résultats de l'ACV, rapport d'ACV de Dominik, et pistes d'évaluation de l'impact environnemental de la sensibilisation 115

O Diagrammes d'analyse de risque 131

P Plan des ressources de sensibilisation 133

Q Supports des ateliers de sensibilisation à l'ENSE3 142

R Imaginaire du futur : L'arrivée de Dominik au Low-tech lab de Grenoble 157

S Tutoriel publié sur le wiki du Low-Tech Lab 158

T Arbre de déroulement du projet 159

Table des figures

1 Tableau des exigences du projet . . . 11
2 Diagramme de GANTT du projet . . . 12
3 Paul Bonomini, WEEEMan, Waste Electrical and Electronic Equipement , personage 7,2m et 3,3T DEEE (équivaut à ce que génère un européen dans toute sa vie) : Eden Project . . . 14
4 Capitalisme de surveillance - métaphore . . . 15
5 Schéma du fonctionnement de Dominik . . . 20
6 Schéma de fonctionnement de notre Dominik . . . 21
7 Schéma du câblage de l'alimentation de notre Dominik . . . 24
8 Schéma du circuit électrique de l'afficheur de batterie . . . 25
9 Photo de l'afficheur de batterie à LED . . . 25
10 Photo de notre Dominik . . . 28
11 Page d'accueil d'une des versions du template de site statique réalisé par les étudiants de l'IAE . . . 31
12 Pages principales du site lowtechnumerique.mooo.com . . . 32
13 Schéma de connexion reverse SSH sur un reverse Proxy . . . 35
14 Budget estimé d'un serveur auto-alimenté . . . 36
15 Budget estimé du support physique . . . 36
16 Matrice de convivialité de Dominik . . . 37
17 Les différents niveaux d'acceptabilité . . . 40
18 Résultats espérés de l'ACV . . . 44
19 Arbre de défaillance de l'évènement « Perte totale des données » . . . 45
20 Méthode calcul booléen . . . 46
21 Schéma explicatif du diagramme nœud papillon . . . 46
22 Photos des expositions de la semaine de sensibilisation . . . 50
23 Déroulé de l'atelier : Création d'un site de césure . . . 51
24 Déroulé de l'atelier : Protection de ses données . . . 52
25 Photos de l'atelier au LTLG . . . 52
26 Plan de diffusion du projet . . . 54
27 Rapport sur l'application dans les camps de réfugiés . . . 79
28 Glacière Décathlon 32L . . . 95
29 Résultat d'ACV - tableau n°1 . . . 115
30 Résultat d'ACV - tableau n°2 . . . 157
31 Résultat d'ACV - tableau n°3 . . . 157
32 Dominik - serveur modulable autoalimenté en réemploi | image n°1 . . . 159
33 Dominik - serveur modulable autoalimenté en réemploi | image n°2 . . . 159
34 Dominik - serveur modulable autoalimenté en réemploi | image n°3 . . . 164
35 Dominik - module électronique central | image n°1 . . . 164
36 Dominik - module électronique central | image n°2 . . . 165
37 Dominik - module énergétique | image n°1 . . . 165
38 Dominik - module énergétique | image n°2 . . . 166
39 Dominik - module de mobilité | image n°1 . . . 166
40 Dominik - module de mobilité | image n°2 . . . 167
41 Dominik - module éco-conception web | image n°1 . . . 167
42 Dominik - module éco-conception web | image n°2 . . . 168

Deuxième partie

PARTIE PRINCIPALE

3 Introduction

Avec 9 % de croissance annuelle, une augmentation permanente du nombre d'objets connectés générés (de l'ordre de plusieurs milliards pour les terminaux individuels), un usage intensif des ressources minérales (un appareil électronique moderne contient plus de 50 métaux) à haut impact environnemental et une consommation électrique actuellement de 4 % mais dont il est attendu qu'elle puisse atteindre 20 % de la consommation mondiale en 2050, le monde du numérique est en opposition frontale aux enjeux des Accords de Paris sur le climat.

Par ailleurs, les nombreuses technologies « d'amélioration du bien-être » issues de l'intelligence artificielle induisent de forts degrés d'hétéronomie de l'humain, une forte dépendance notamment à la machine et aux énergies fossiles (qui représentent 85 % du mix global et ce de manière inchangée depuis 30 ans), et une perte progressive du lien au milieu et de sens, à l'heure même où l'exigence forte de résilience individuelle et collective ainsi que de reconnexion des liens sociaux se fait de plus en plus pressante.

Dans le domaine spécifique de l'Internet, on sait aujourd'hui par exemple que la consommation des flux (en particulier vidéos) ont un impact carbone supérieur à celui du secteur aérien civil mondial, le gros de la consommation se situant au niveau des multiples serveurs de stockage, routeurs de trafic et équipements utilisateurs. La question se pose alors naturellement d'un redimensionnement résilient et convivial d'un réseau numérique de partage de savoirs et savoir-faires sous la contrainte de faibles ressources minérales et énergétiques.

Voici le contexte exposé dans le cahier des charges du projet PISTE *Numérique Low-tech*. Nous sommes un groupe de 5 étudiants en école d'ingénieur à l'ENSE3. Durant notre master *Pour une Ingénierie Sobre-Techno et Éco-responsable (PISTE)*, nous avons eu l'occasion de travailler durant un semestre sur la thématique du numérique. Notre but a été de comprendre les enjeux et les verrous qui font du numérique une infrastructure dangereuse du XXIème siècle, ainsi que de proposer des pistes pour le faire tendre vers des valeurs low-tech et/ou le démanteler.

À l'initiative de ce projet, on retrouve le Laboratoire d'informatique de Grenoble et le Low-Tech Lab de Grenoble. Romain Couillet et ses collègues nous ont demandé de se pencher sur la question du démantèlement et du low-tech dans le secteur du numérique : est-ce possible d'utiliser le numérique de façon low-tech ? Comment ? Quels sont les verrous aujourd'hui ? Pourquoi et comment changer les imaginaires autour du numérique ? Comment toucher les fervents défenseurs de cette technologie ? Leurs attentes pour nous étaient les suivantes :

L'objectif de ce projet tient à la fois du dimensionnement et de la réalisation pratique d'un réseau autonome basé sur (i) la réutilisation d'appareils obsolètes et déchets numériques (vieux smartphones, vieux ordinateurs), (ii) l'apport énergétique non fossile (approvisionnement solaire et/ou éolien), (iii) la minimisation de l'effort de stockage des contenus (images, vidéos notamment), et (iv) la simplification des pages pour un transfert (possiblement dynamique) minimal et suffisant de contenus (chargement peu coûteux des pages). Il s'agira aussi de rendre le réseau suffisamment agile et ergonomique pour être utilisable et réparable par ses usagers.

Nous voulons proposer un démonstrateur « vitrine » qui servira à pousser la réflexion sur ce que peut être l'internet de demain, ou l'internet d'aujourd'hui dans certaines régions du monde. Ce démonstrateur sera documenté et servira à la diffusion des enjeux du numérique, et de solution low-tech pour qu'ils puissent être réduits à la satisfaction des besoins numériques les plus basiques. Une grosse part de sensibilisation sera aussi mené en utilisant le démonstrateur en guise de support. Enfin, ce démonstrateur aura vocation d'être testé en milieu en besoin en matière de numérique low-tech.

Dans ce rapport, nous présenterons donc les différents travaux que nous avons réalisés dans le but de répondre à leur demande. Il sera composé de l'analyse contextuelle et du besoin pour pouvoir comprendre de façon plus précise le cadre dans lequel se place ce travail, puis nous décrirons la solution apportée pour répondre à ce cahier des charge. Nous finirons par présenter le prototype réalisé par l'équipe pour illustrer cette solution.

4 Cahier des charges

Vous avez pu lire en introduction des extraits du cahier des charges communiqués à notre équipe pour ce projet étudiant. Une fois le sujet pris en main, et après avoir réalisé une importante phase de documentation sur le numérique et ses impacts, nous avons décidé de repartir du cahier des charges instauré par nos encadrants et de le reformuler.

Un des aspects principaux du projet est d'aborder le numérique selon le prisme de la low-tech. Nous sommes donc partis de la base de la low-tech pour définir un tableau des exigences un peu revisité. En effet, chaque exigence répond à un des principes de la low-tech : utilité, accessibilité, durabilité.

De plus, nous nous sommes rendus compte que l'utilisation intensive du numérique repose sur plusieurs piliers de plus en plus instables, tels qu'un approvisionnement en énergie abondant, une stabilité politique, ou encore une connexion internet continue. Dans certaines zones non occidentales, certains de ces piliers n'ont jamais existé ou ont déjà disparu (situation énergétique du Liban, guerre en Ukraine, zones rurales asiatiques ou africaines). Mais dans un contexte de contraction des ressources énergétiques et matérielles, ces piliers seront susceptibles de céder dans de nombreuses régions du monde. C'est dans la préparation de l'effondrement de ces différents piliers que notre projet déploie son potentiel.

Certaines exigences ont donc été rédigées sous la condition d'un effondrement d'un de ces piliers. Le cahier des charges s'est donc dessiné sous la forme du tableau des exigences de la figure 1.

Nous avons également pu proposer à nos porteurs de projet une réponse à leur cahier des charges. Cette réponse comprenait :

1. **Le contexte et les objectifs du projet**
   Cette phase est une nouvelle reformulation de leur cahier des charges, et permet de mettre en avant la compréhension exhaustive du sujet par le groupe.
2. **Les atouts de la formation PISTE**
   Nous devons montrer que notre équipe est la plus à même de donner une réponse satisfaisante au problème posé.
3. **La présentation de l'équipe**
   Cette description des personnes impliquées dans le projet permet de mieux comprendre le rôle de chacun ainsi que leurs apports.
4. **La méthodologie de travail**
   Durant cette partie, nous avons décrit les différentes phases du projet que nous allons réaliser, et pour chaque phase, ses objectifs et livrables. Cela permet de cadrer le travail qui sera réalisé.
5. **Les conditions de réalisation de l'étude.**
   Elles mentionnent les jalons que nous nous fixons, notamment grâce au diagramme de GANTT (voir figure 2), mais aussi l'analyse de risque durant le projet.

ATTENTION : pour rappel, cette réponse a été écrite au lancement du projet, c'est-à-dire en amont de sa réalisation. Elle ne représente pas fidèlement ce qui a été collectivement décidé et réalisé par la suite. On notera par exemple l'abandon de l'application du sujet aux cas des camps de réfugiés. Cela sera explicité par la suite.

L'intégralité de la réponse à l'appel d'offre se trouve en annexe A de ce rapport.

Critère low-tech	Exigence	Critère / Moyen	Niveau
Utile	Satisfaire des besoins numériques de base	Fourniture de batterie pour les appareils numériques des utilisateurs	>2 batteries de téléphone portable par jour
		Fourniture de connexion internet pour les utilisateurs	Minimum un point d'accès wifi dans la limite de la connexion du dispositif
	Mise à disposition de ressources utiles	Guide pour réparer / dupliquer	
		Sensibilisation sur les enjeux du numérique	
		Accessibilité des infos essentielles du web	De manière offline
	Possibilité de partage / stockage de contenu	Capacité de stockage du serveur	>50 Go
		En local (offline)	
		De manière sécurisée	
Accessible	Transportable	Poids	<30Kg
		Encombrement	Toute dimension <1m
		Maniabilité	Transportable par une seule personne
	Peu coûteux	Prix	<50 €
	Indépendance du réseau électrique	Production d'électricité locale	
	Fiabilité	Temps de mise à disponibilité de l'ensemble de ses fonctions	>80% du temps
Durable	Réparable	Modulable : composants faciles à changer	Toute pièce remplaçable
		Niveau de difficulté des réparations	Intermédiaire : réparable avec le guide et des connaissances de base en bricolage
	Longue durée de vie	Durée de vie	>20 ans
	Impact environnemental	Matériaux recyclés	>80% des pièces
	Sobriété numérique	Quantité de données échangées par jour	<10 Go par jour

Certaines exigences ne s'appliquent que dans des environnements particuliers :

Environnement en contraction énergétique

Environnement en absence de connexion internet continue

Environnement sous haute pression répressive

FIGURE 1 – Tableau des exigences du projet

FIGURE 2 – Diagramme de GANTT du projet

5 Contexte

Avant de rentrer dans une description de la solution que le groupe a développé lors du semestre, il est important de contextualiser ce travail. Cette partie aura pour objectif de positionner le numérique dans les enjeux environnementaux et plus globalement sociétaux, afin de comprendre pourquoi il est désormais nécessaire de repenser la place du numérique.

5.1 Les impacts du numérique

Afin d'estimer correctement les conséquences du numérique il est pertinent de convoquer l'outil de l'analyse du cycle de vie. En effet, le numérique étant le croisement des équipements utilisateurs et des centres électriques, des réseaux et la consommation électrique associée aux usages.

5.1.1 Les matières premières

Réaliser un ACV détaillé d'un téléphone portable et donc plus largement d'un équipement utilisateur permet de constater qu'il faut pas moins de 70 matériaux nécessaires pour un smartphone.

- 80 à 85% métaux ferreux et non ferreux,
- $0,5\%$ métaux précieux,
- $0,1\%$ métaux rares appelés « vitamines du numérique » grâce à leurs propriétés dopantes au niveau du stockage, durée de vie ou magnétisme.

Pour extraire une tonne de terres rares il faut à minima $200m^3$ d'eau. Sans surprise cette eau n'est quasiment jamais traitée et est donc relâchée alors qu'elle demeure chargée de métaux lourds et d'acide. Cette eau pollue les fleuves et nappes phréatiques.

On constate un transfert d'extraction de l'or noir - pétrole - à l'or blanc - lithium - qui nécessite un "pillage de l'or bleu" - l'eau. Entre 2015 et 2017 la consommation mondiale de lithium à augmenter de +10% pour un total annuel supérieur à 40 000 tonnes. Par exemple, un des territoires parmi les plus secs du monde, le Triangle ABC - Argentine, Bolivie, Chili - représentent 85% des ressources extraites en lithium, à noter qu'une tonne de lithium nécessite 2 milliards de litres d'eau.

De plus, l'UNICEF dénonce en 2014 les pratiques suivantes : 40 000 enfants travaillent dans les mines jusqu'à 12h/j pour un salaire de 1 à 2 dollars. Amnesty International les appelle les « minerais de sang ».

5.1.2 Les déchets

Un scandale environnemental En 1986, la cargo Khian Sea transporte 14000t d'engrais venant des USA. En 1988, le cargo déverse 400 tonnes à Haïti en cendres toxiques et le reste dans l'océan

Atlantique et Indien. Cette action est dénoncée par Greenpeace. En réponse à cet événement, en 1989 est mis en place la Convention de Bâle sur le contrôle des mouvements transfrontières de déchets dangereux et leur élimination. Il faut noter que les USA et Haïti n'ont pas ratifié la convention. On dénombre 50 millions t/an de Déchet d'Équipement Électrique et Électronique (DEEE) dont un tier est produit par les USA et Chine. Par exemple, un Français en produit 20kg/an. Néanmoins, la Banque Mondiale estime à 80% DEEE envoyé illégalement.

Un scandale humain En 1923 est créée une organisation internationale de la police criminelle nommée Interpol dont le siège est à Lyon pour lutter contre le trafic des DEEE par les mafias. En effet, actuellement ces mafias ont un double bénéfice en faisant ce trafic. Ils sont dans un premier temps rémunérés par les clients qui les payent par la prise en charge des DEEE puis ils les revendent ensuite générant un nouveau revenu. Il est estimé à 17 milliards d'euros en 2015 de bénéfices au niveau mondial. L'ONU estime manne financière pour le cuivre à 10,6 milliards d'euros, pour le fer à 9 milliards d'euros et pour l'or à 10,4 milliards d'euros. Ce trafic implique inévitablement une perte d'emplois liés à la filière du recyclage.

Ces DEEE sont évidemment stockés quelque part sur la planète. La plus grande décharge de DEEE se nomme Agbogbloshie, un enfer sur Terre. Cette décharge de 10 km^2 au Ghana est le lieu le plus pollué du monde devant Tchernobyl, elle a même été renommée « Sodome et Gomonthé ». On y comptabilise 40 000 tonnes de DEEE/an et on y mesure des pollutions parfois 100 fois supérieur aux seuils. Agbogbloshie c'est 40 000 personnes qui y travaillent, notamment des brûleurs de plastique les Burners Boys qui brûlent le plastique dans le but de récupérer les métaux. Un travail 6 jour sur 7, 12 heures par jour pour un salaire misérable de 2 euros par jour.

Les DEEE sont acheminés par conteneurs, 2700 chaque jour arrivent dans le port de Tema. Pourtant, Ghana a ratifié la convention de Bâle. Au-delà de l'impact direct sur les travailleurs il y a aussi contamination des cours d'eau aux alentours dont Korle Lagoon.

10 février 2020, naissance d'une loi Pivot Afin de limiter des substances dans les équipements électroniques et électriques desdirectives ont été mises en vigueur, les ROHS (2002/95/CE) : restriction of hazardous substance. Il y a 6 substances qui sont concernés : mercure, plomb, polybromodiphényl, polybromodiphényléthers, chrome hexavalent (chrome IV), cadium. Tous ont été limités à 0,1% sauf le cadium 0,01%. En 2008, la commission intègre au ROHS le principe de responsabilité producteur en intégrant le principe de pollueur payeur. Ce principe est revolutionnaire puisque qu'il responsabilise la partie production. En 2011, la directive n°2011/65/UE augmente le nombre d'EEE concernés, encourage l'éco-conception ainsi que le tri sélectif et le recyclage de certains composants. En 2017, le ROHS2 «label de qualité» intègre le marquage commission européenne noté CE.

En France, REP - Responsabilité Élargie producteurs - aux filières DEEE réglementée par l'Etat afin d'encadrer l'enlèvement et le traitement des DEEE collectés sur le territoire national. Pour ça il existe deux options : soit la création d'un système individuel approuvé par pouvoir public pour les déchets de leur propre équipement ou bien le fait d'adhérer à des éco-organismes agréés. Il faut savoir qu'aujourd'hui toutes les productions d'EEE ont choisi la deuxième option. On peut ainsi nommer les organismes agréés en France : Ecologic (généraliste), Ecosystem (généraliste), PV Cycle (spécifique aux panneaux photovoltaïques) et OCAD3E (coordinateur).

Le 10 février 2020 c'est 130 articles sur le sujet qui sont publiés. Pour n'en citer que certains :

- reconnaissance de l'obsolescence logicielle avec un risque de 2 ans prison + 300 000€ amende
- facilitation à la réparation ou au réemploi réutilisable. Depuis le 01/01/2022 les pièces détachées doivent être disponibles sous 15j (avant le délai était 2 mois) et disponibles pendant 5 ans après la mise en vente sur le marché. Il y a également l'interdiction de destruction des EEE (scandale Amazon) : obligation de vente à pertes et de dons.
- Élargissement de la responsabilité producteur bonus/malus par les éco-organismes pour l'éco-conception.

FIGURE 3 – Paul Bonomini, WEEEMan, Waste Electrical and Electronic Equipement , personage 7,2m et 3,3T DEEE (équivaut à ce que génère un européen dans toute sa vie) : Eden Project

— Engagement des commandes publiques à partir 2021. Les personnes publiques doivent diminuer la production de déchets en favorisant le réemploi et le recyclage (20 à 100%) ainsi que les associations reconnues d'utilité publique peuvent recevoir des dons de l'Etat. Auparavant, seules les associations de soutien scolaires pouvaient bénéficier de dons. C'est le Projet REEEBOOT : INR fait des dons d'EEE.
— Renforcement de l'information environnementale.

Relocaliser la gestion des DEEE Les Ateliers du Bocage ont plus de 40% de salariés issus de la réinsertion, ce qui leur permet d'avoir un index égalité professionnel de 98/100. On apprend par exemple que dans 1 tonne de cartes électroniques on peut récupérer quelques centaines de grammes d'or alors que pour une très bonne mine on se situe autour de 5g/tonnes de minerais sans compter l'eau nécessaire à l'extraction.

Par exemple, la Côte d'Ivoire collecte les DEEE directement en Afrique. Le fer et le cuivre est directement recyclé sur place et le reste envoyé en France par Morphosis. Les DEEE sont aussi utilisés comme de nombreux déchets dans une démarche artistique et avec l'ambition de sensibiliser le grand public à leur existence.

5.1.3 Un impact sur le bien-être

On connaît maintenant les conséquences néfastes induites par l'usage du numérique. Il est donc primordial d'interroger nos besoins réels liés à son usage. En effet, le domaine du numérique n'a pas échappé aux tendances mercantiles d'un capitalisme mondial. Les grands groupes comme Méta capitalisent sur nos données et sur notre attention. On parle d'économie de l'attention : branche des sciences économiques et de gestion qui traite de l'attention et de son contrôle comme d'une ressource rare en prenant appui sur les théories économiques. En se basant sur les principes d'addictions également utilisés dans les jeux d'argent, ces entreprises réussissent à créer une nouvelle forme de dépendance chez leurs utilisateurs. Ces nouveaux besoins rendent l'usage du numérique compulsif et excessif. Bruno Patino explique dans ouvrage édifiant les différents mécanismes mis en place notamment par les GAFAM afin de captiver au maximum les usagers.

Pour bien comprendre de quoi il s'agit on peut se servir de la métaphore suivante. en considérant que les utilisateurs d'une plateforme en ligne sont des vaches on peut associer le pré dans lequel elles vivent, par exemple, aux réseaux sociaux. C'est l'environnement qui est mis à leur disposition. Elles peuvent si balader, brouter de l'herbe tout comme l'utilisateur d'un réseau social peut se balader sur la plateforme, échanger avec d'autres utilisateurs, en global, profiter de toutes les fonctionnalités. En échange de cela le fermier s'octroie le droit de traire les vaches et ainsi de vendre leur lait. De la même manière, les détenteurs des réseaux sociaux s'octroient, via l'acceptation des conditions d'utilisation, le droit de collecter les données des utilisateurs et de les revendre.

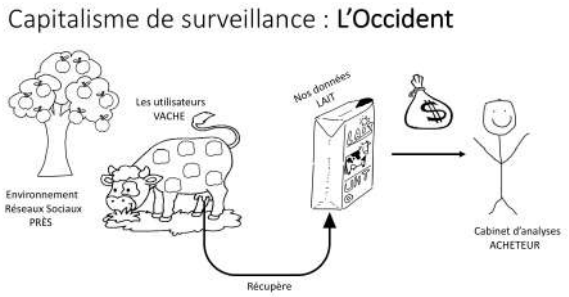


FIGURE 4 – Capitalisme de surveillance - métaphore

Avec ce mécanisme, le temps passé sur un réseau social correspond à un nombre de données type like, share ou autre interaction qui peuvent être collectées puis vendues à d'autres entreprises, par exemple, pour réaliser de la publicité ciblée. Dans ce contexte, les utilisateurs passent de plus en plus de temps à scroller. Les impacts néfastes sur la santé mentale ne sont plus à démontrer : baisse drastique du temps de concentration, dysmorphie corporelle causée par l'utilisation excessive de filtres sur les réseaux sociaux, sédentarisation au détriment de l'activité physique et bien d'autre. Néanmoins, il est aisé de constater que les conséquences sur le bien être mental et physique.

Une autre illustration de conséquences sur la santé mentale :le syndrome FOMO, une nouvelle forme de dépendance pour "Fear Of Missing Out", ou en français, la peur de rater quelque chose, est un besoin irrépressible d'être constamment en relation avec les autres, d'être au courant des dernières actualités, d'être joignables à tout moment. Cette angoisse d'être coupé du monde rend les utilisateurs de smartphone quasiment incapables de résister au téléphone qui sonne ou qui vibre, à l'écran qui s'allume, au message qui s'affiche. Une préoccupation mondiale puisque l'Organisation mondiale de la santé a rédigé un rapport pour sensibiliser au danger du téléphone au volant, tandis que de nombreux pays lancent des actions de communication. Aux Etats-Unis, notamment, l'usage du smartphone au volant est devenu la principale cause de mortalité des adolescents sur la route devant la consommation d'alcool.

Ce sujet devenant si préoccupant des sociétés comme Médiamétrie, société anonyme, s'est spécialisée dans la mesure d'audience et l'étude des usages des médias audiovisuels et numériques en France. Cette société a réalisé une étude qui révèle que le temps moyenne passé sur les réseaux sociaux par un français de 18 à 24 ans par jour en avril 2020 : 5h30/ jour. Le pic de connexion se fait entre 18h et 22h. Le confinement a eu un impact colossale sur notre consommation d'écrans. En terme de pourcentage, on passe donc 23% de notre journée connectés. Une étude complète a été menée par cette société et est consultable pour certains résultats en ligne gratuitement.

Voici quelques références qui traitent des conséquences que peut avoir le numérique sur le bien-être et qui sont sources de ce qui est dit plus haut.

LA CIVILISATION DU POISSON ROUGE, petit traité sur le marché de l'attention BRUNO PATINO [3] - quatrième de couverture - Le poisson rouge qui tourne dans son bocal serait incapable de fixer son attention au-delà de 8 secondes. Et le temps de concentration de la génération des Millénials, celle qui a grandi avec les écrans connectés, serait de 9 secondes. Serions-nous devenus des poissons rouges, vidés de notre être, incapables d'attendre ou de réfléchir, reclus dans la transparence, noyés dans un océans de messages, de sollicitations, d'informations, sous le contrôle des algorithmes et des robots ? Les empires économiques ont créé une nouvelle servitude avec une détermination implacable. Au coeur du système et de notre vie quotidienne, un projet caché : l'économie de l'attention, il est temps de reprendre le contrôle pour la transformer.

LES ENFANTS SONT ROIS, DELPHINE DE VIGAN [4]. Le dernier livre de cet autrice est à propos des risques engendrés par la surexposition des très jeunes enfants aux réseaux sociaux. Ce livre est certainement à lire comme prévention face à l'explosion de l'utilisation des stories (petite vidéo disponible 24h qui a pour but de montrer des moments de sa journée).

DERRIÈRE NOS ÉCRANS DE FUMÉES reportage NETFLIX [5], enquête parue en 2020 à propos des dangers liés au réseaux sociaux. Le début du reportage m'avait beaucoup plu et beaucoup

marquée. Il recense les témoignages d'anciens salariés de grosses entreprises comme Google ou Facebook. Cela permet de mieux comprendre les risques liés à leur utilisation excessive mais également l'intention de ces entreprises.

La fabrique de l'ignorance, Arte [6]. Vous pouvez retrouver ce documentaire sur Youtube (J'avoue, c'est pratique internet quand même). Il expose le pouvoir des industriels dans la manipulation de la science. Comment la multiplicité des études brouillent les vrais liens de causalités, avec notamment un exemple très pertinent sur le tabac. Une autre manière de constater que la création opulente de contenu peut être nocive.

6 Prisme Low-tech

6.1 Low-tech

Le projet représente une demande particulièrement complexe. Effectivement, il nous est demandé de réfléchir à la place du numérique dans une trajectoire d'un monde qui doit revenir sous les limites planétaires[2]. Au coeur de ce projet, la réflexion sur les besoins a été essentielle. La Low-tech désigne une philosophie à travers laquelle le rôle de la technologie est remise en question. Plus précisément, en s'appuyant sur la définition du Low-tech Lab, l'objectif est d'interroger le choix technologique sur trois critères : *l'utilité* (le choix technologique doit répondre aux besoins essentiels de l'individu ou du collectif), *l'accessibilité* (le choix technologique doit être accessible et appropriable par l'individu ou le collectif) et la *durabilité* (le choix technologique, de sa conception à sa fin de vie, doit avoir un impact environnemental et social minimal). [7]

6.2 Accessibilité et durabilité

Dans le cadre de notre projet, les aspects d'accessibilité et de durabilité proposés par cette définition de la Low-tech ont pu être transcrits à travers des choix concrets au coeur du système que l'on a développé et qui sera décrit dans les prochaines parties. Le choix de matériaux de récupération pour l'ensemble des modules est central. Cette utilisation massive de matériaux de récupération permet une accessibilité matérielle et financière aux ressources, tout en s'inscrivant dans une optique de durabilité car on privilégie un réusage de ressources existantes plutôt qu'une production neuve. Cette capacité de récupérabilité, de réparabilité, mais aussi le coût et la facilité de mise en oeuvre et d'utilisation sont présents dans nos critères de choix liés au projet (voir annexes D, E , G et I).

De plus, l'ensemble du système (et de notre projet) sera décrit précisément avec une documentation suivant les principes de la science ouverte (libre et gratuite) afin de le rendre reproductible et appropriable par les utilisateurs. Nous développerons plus loin cette documentation. Si cela permet évidemment de renforcer l'aspect accessible de notre solution, c'est indirectement un moyen d'assurer aussi sa durabilité. Les utilisateurs pourront s'inspirer, modifier, améliorer, compléter notre système, par exemple en proposant des variantes à partir de matériaux de récupération qui sont disponibles dans leurs localités. [Annexe S : extrait du tutoriel pour le site du Low-tech Lab]. On retombe ici sur la *territorialisation* proposée par Gauthier Roussilhe dans la notion de *numériques situés* [8]. Si les définitions des aspects d'accessibilité et de durabilité issus de la définition du Low-tech Lab semblent suffisantes pour notre projet, c'est particulièrement au niveau de la notion de l'utilité qu'il a été nécessaire d'avoir un apport plus approfondi.

6.3 Utilité (et application aux cas des camps de réfugiés)

Initialement, nous avons essayé d'identifier un besoin précis et actuel auquel répondre directement par notre système. Seulement, nous vivons dans un monde en opulence numérique, particulièrement en Occident. La réflexion a donc été de cibler des milieux contraints. Par exemple, une piste de solution a été l'utilisation de notre système dans des camps de réfugiés (Calais, Briançon) afin d'apporter un accès numérique et énergétique minimal. La démarche low-tech, par le prisme des besoins, nous a permis d'écarter cette piste et d'ouvrir notre spectre de réflexion grâce à deux apports déterminants.

D'une part, cette démarche nous invite à ne pas supputer sur les besoins essentiels d'un utilisateur. Si l'idée d'appliquer notre système dans un camp de réfugiés semblait louable, la low-Tech nous a poussé à nous renseigner auprès de structures qui sont en contact avec ces milieux afin de connaître leurs besoins essentiels. Que ce soit auprès de Terrasses Solidaires (tiers-lieu d'accueil et d'aide aux migrants à Briançon) ou auprès de bénévoles d'associations présentes à Calais, les besoins énoncés n'ont quasiment pas inclus la question du numérique et de ce qu'il peut apporter (stockage et partage d'informations, mise en réseau local ou par Internet). [Annexe C : extrait de la synthèse sur l'application aux camps de réfugiés, présentée lors du point intermédiaire 2]

D'autre part, l'erreur de ciblage précédente venait aussi d'un apport conceptuel manquant au sein de la low-Tech française et qui a été apporté récemment par Gauthier Roussilhe, designer et chercheur qui étudie comment nos pratiques de conception se modifient dans le cadre de la crise environnementale planétaire. Dans son article « Les besoins essentiels de la low-tech »[9], le chercheur soulève le fait que, si l'objectif de la low-tech est de répondre aux besoins essentiels de l'individu, alors elle n'a pas sa place en France aujourd'hui car tous les besoins sont déjà couverts. On ne *manque* de rien en France ; on n'a *besoin* de rien en France.

C'est ici qu'interviennent les notions d'imaginaires et de futurs proches, de reconfiguration du monde et de ses limites, de *redéfinition du milieu contraint*. C'est aussi ici que nous avons grandement augmenté la portée du système que nous développons dans ce projet. S'il existe un besoin précis auquel on répond dans le cadre de ce projet, alors ce besoin est celui de Romain Couillet, chercheur au LIG et porteur du projet *Numérique Low-tech*. Autrement, notre projet ne vise pas à répondre à un besoin clair et d'actualité d'une population précise.

Au contraire, et c'est là tout son intérêt, notre projet (et notre système) vise à réfléchir à l'élargissement conceptuel proposé par Gauthier Roussilhe sur la notion d'utilité : **« Qu'est-ce qui nous suffit pour nous épanouir collectivement dans un monde contraint ? »** - et dans le cadre de notre projet, la réflexion s'articule autour du numérique : **« Qu'est-ce qui nous suffit dans le numérique pour nous épanouir collectivement dans un monde contraint ? »**. [9]

7 Concept de Dominik

Après avoir réalisé un travail de documentation pour comprendre que le numérique était une technologie à fort impact environnemental et social, et avoir fait un état de l'art des solutions existantes ainsi qu'une analyse de besoins réels, nous avons voulu proposer un moyen de faire tendre le numérique vers les idéaux de la low-tech. Nous avons compris que le numérique est une ruine ruineuse de notre ère pour reprendre les termes d'Alexandre Monnin [10], et qu'il faut en hériter, pour pouvoir ensuite imaginer une trajectoire de fermeture. Dans cette optique d'héritage, nous avons décidé de garder un système numérique, mais qui permettrait aux gens de se le réapproprier, et de pouvoir garder un usage essentiel de celui-ci. Dans l'idéal, nous voulions qu'il s'appuie sur les ruines physiques du monde numérique, à savoir tout le matériel électronique de nos placards qui ne nous sert plus, et que nous pouvons utiliser pour fabriquer notre système. Ce système, nous l'avons nommé Dominik.

Nous allons présenter dans cette partie le concept théorique de Dominik. L'idée de ce système est d'être modulable, afin qu'il soit pertinent pour des utilisateurs différents, des besoins singuliers et dans des mondes variés. Il doit refléter les enjeux qui ont été précédemment évoqués et s'en émanciper afin de proposer une solution *suffisante* de numérique. Ce système et ses usages seront développés plus profondément à travers notre interprétation de ce concept, notre Dominik.

7.1 Module central

Au cœur de ce système, un appareil électronique central de récupération doit remplir deux conditions :

- être programmable/utilisable directement par un utilisateur (ce qui équivaut à disposer d'un écran et d'un clavier physique ou tactile)
- être capable de stocker des fichiers (disque dur interne/externe, carte SD ou mémoire interne)

Cet appareil peut par exemple être un smartphone, une tablette, un ordinateur portable, une tour d'ordinateur fixe avec écran et clavier, un Raspberry pi avec écran et clavier, ou tout autre appareil ou agencement d'appareils électroniques remplissant les deux critères précédents.

7.2 Module énergétique

Afin de répondre à des enjeux d'indépendance et de mobilité, cet appareil électronique central sera alimenté par une source d'énergie renouvelable (panneaux solaires, petite éolienne, petite hydraulique, dynamo...) construite grâce à des matériaux de récupération.

7.3 Module de mobilité

L'ensemble de ce système sera encapsulé dans un support de mobilité (sac à dos, glacière, caisse,...) afin de le protéger et de le rendre mobile.

7.4 Usages

7.4.1 Fonctions techniques

Ce système est censé pouvoir assurer différentes fonctions parmi celles listées ci-dessous :

- D'abord, il peut servir de box internet afin de fournir un accès internet aux personnes environnantes, et éventuellement de recharger des équipements électroniques.
- Ensuite, il peut permettre à du contenu qu'il héberge d'être publié sur Internet.
- Il peut également créer un réseau local auquel des smartphones ou ordinateurs peuvent se connecter lorsqu'ils sont à proximité de l'appareil électronique central, afin de pouvoir y stocker et y échanger des fichiers avec les utilisateurs également à proximité.

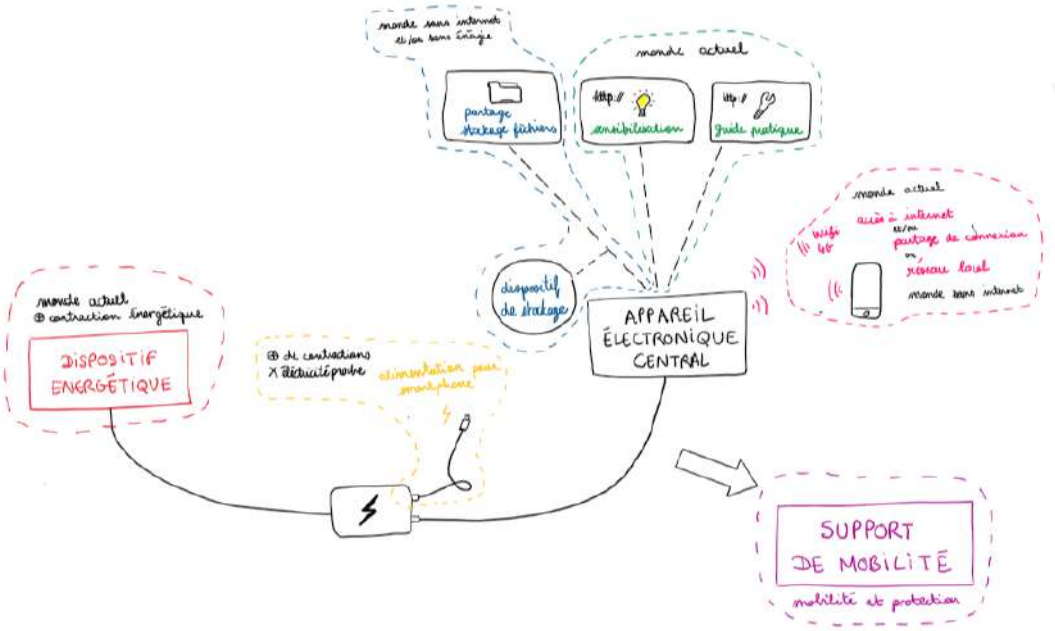


FIGURE 5 – Schéma du fonctionnement de Dominik

— Enfin, cet appareil électronique central permet de stocker physiquement des données essentielles d'Internet afin d'y avoir accès même sans Internet. Cet usage, associé à sa caractéristique déplaçable, l'inscrit partiellement dans une optique de Sneakernet, c'est-à-dire le transfert de fichiers hors réseau informatique, comme lorsqu'on se passait des clés USB avec des films ou des CD avec des jeux vidéos.

7.4.2 Prise en main

Si votre communauté n'a pas encore de Dominik, une série de tutoriels est à disposition sur notre propre site pour vous permettre de la construire de A à Z ainsi que de la prendre en main.

L'apprentissage lors de l'utilisation peut aussi se faire par des échanges oraux, ce qui permet de renforcer la convivialité de ce système, et privilégier les liens humains. Par exemple, si vous arrivez dans un lieu ou une communauté munie d'une Dominik, un utilisateur vous expliquera alors comment s'en servir pour recharger votre téléphone, vous connecter au Wifi, partager des informations sur le réseau local, publier un article sur un site, ou encore stocker des données sur la carte SD de Dominik.

7.4.3 Public visé

Le système permet de répondre à des besoins variés. Il propose un accès à internet plus économique, plus indépendant. Il permet le stockage et le partage local d'informations et de fichiers, mais permet également la transmission de ces fichiers par la mobilité intrinsèque de son design. Ces caractéristiques rendent le système pertinent dans des lieux où l'accès au réseau, aux ressources ou à l'électricité n'est pas garanti. Dans le monde actuel, on peut citer le Liban, dont les habitants n'ont que quelques heures d'électricité par jour. Cela peut aussi être les Zones à Défendre (appelées ZAD), qui n'ont pas d'accès à l'électricité et des problématiques d'organisation interne et de visibilité externe. Ce sont dans ces lieux, qui reflètent probablement un monde de demain en contraction, que le numérique low-tech prend son sens. Et pourquoi pas dans un imaginaire futur, on trouverait des Dominik sur un bateau à voile, dans une bibliothèque, dans un jardin partagé, sur un vélo et à pleins d'autres endroits qu'il ne reste qu'à inventer.

8 Notre interprétation du concept : notre Dominik

8.1 Description du système

Afin de prouver que ce système conceptuel est faisable, nous avons voulu interpréter concrètement une version de ce système : c'est notre Dominik. Au cœur de notre Dominik, un smartphone de récupération joue plusieurs rôles :

1. D'abord, il sert de box internet grâce à une carte SIM prépayée et la fonctionnalité "Partage de connexion".
2. Ensuite, il héberge un site internet que l'on a conçu selon de nouveaux principes d'écoconception numérique afin d'être ultra-économe en taille et en consommation énergétique. Ce site sert à fournir la documentation et les ressources nécessaires pour permettre à d'autres utilisateurs de créer leur propre Dominik.
3. Il est également possible de se connecter à un réseau local créé par le téléphone central lorsqu'on est à proximité de ce dernier, afin de pouvoir y stocker et y échanger des fichiers avec d'autres utilisateurs à proximité.
4. Enfin, les données qui seront stockées sur la carte SD du smartphone pourront être transmises entre appareils numériques de manière physique. D'où l'importance de l'aspect mobile de Dominik, pour pouvoir aller apporter physiquement des informations à certaines personnes. Cette caractéristique l'inscrit dans une optique de Sneakernet, c'est-à-dire le transfert de fichiers hors réseau informatique, comme lorsqu'on se passait des clés usb avec des films ou des CD avec des jeux vidéos.

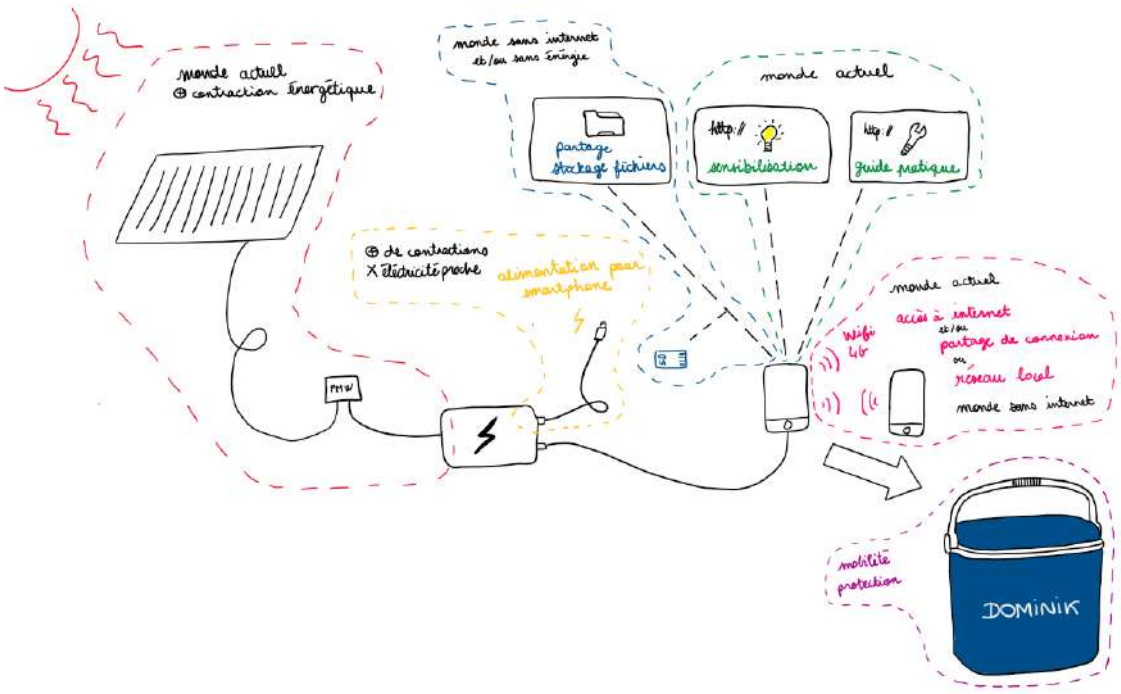


FIGURE 6 – Schéma de fonctionnement de notre Dominik

Ce téléphone sera alimenté par des panneaux solaires associés à une batterie, provenant de matériel de récupération. Il sera donc aussi possible de recharger votre propre téléphone.

L'ensemble de ce système sera mobile, encapsulé dans un caisson de protection et de transport, qui est une glacière de camping de récupération.

Une description plus détaillée par module vous est proposée ci-dessous.

8.2 Module central : smartphone

8.2.1 Choix du smartphone

Il est essentiel de disposer d'un support central capable d'héberger des services informatiques divers. Nous avons choisi comme appareil électronique central un smartphone de récupération. Le choix de ce support s'est en majorité décidé de par la grande facilité de récupérabilité de smartphone fonctionnel de seconde main, la faible consommation de ces appareils et sa mobilité, mais d'autres critères ont été pris en compte. Ces critères correspondent aux 3 principes de base des low-tech : utile, accessible et durable.

- **Récupérabilité** : La durabilité peut être envisagée sous l'angle de la récupérabilité : on cherchera à ne pas acheter de neuf, et si possible ne rien acheter du tout. Ici, il est nécessaire d'envisager le niveau de récupérabilité dans d'autres zones géographiques du monde.
- **Simplicité de production** : La durabilité peut aussi être envisagée sous l'angle de l'éco-conception, le minimalisme de la production : « y a-t-il juste le nécessaire ? ». Ce critère peut être important si l'on imagine une planification et un rationnement de la production électronique, pour ne garder que l'essentiel, mais nous avons choisi de lui accorder une importance faible, car il nécessite un changement systémique du modèle de production encore totalement imaginaire.
- **Consommation en énergie et matériel d'alimentation induits** : D'un point de vue technique, nous cherchons à limiter l'énergie consommée par le système, pour limiter les besoins en batterie et maximiser sa durabilité. Nous limiterons aussi les équipements nécessaires à d'éventuelles conversions d'énergie.
- **Réparabilité** : La durabilité et l'accessibilité peuvent être déterminées par la réparabilité du système : est-il facile à réparer ou est-il facile de remplacer des pièces du système, voire toute la pièce.
- Facilité d'installation : Ce critère évalue la difficulté de mise en place du serveur impliquée par le support, tant au niveau hardware que software : connectique, logiciel, programmation, documentation etc. Cette mise en place se veut accessible par n'importe qui, et pas uniquement aux sachants.
- **Facilité d'utilisation et rapport de domination** : Dans ce critère, on se concentrera sur l'usage en quotidien du système. La mobilité est évaluée dans un critère séparé. On définira si l'usage de l'appareil est « simple » et limite les rapports de domination liés à la technologie.
- **Coûts induits** : Le coût est généralement un critère important dans tout projet. Si ici la récupérabilité tend à diminuer sa pertinence, nous nous pencherons aussi sur les coûts induits par ces choix technologiques, car ils entraînent souvent l'achat d'autres produits.
- **Mobilité** : Nous souhaitons rendre le système un maximum mobile pour répondre à des situations instables et permettre un usage plus communautaire que personnel.
- **Modulabilité** : Le système doit être modulable et permettre ainsi une diversité d'usage pour s'adapter à une grande variété de besoin.

Ces critères ont été pondérés et ont permis de choisir entre 4 solutions techniques :

- **Tour d'ordinateur** : une tour d'ordinateur de récupération peut se trouver facilement, et permet d'installer facilement un serveur. Elle nécessite néanmoins une alimentation en 230V et une puissance conséquente (200W), donc un module de conversion couteux et peu récupérable.
- **PC portable** : plus mobile un PC portable est néanmoins moins facile à récupérer. Il doit s'alimenter à hauteur de 80W soit en courant continue (20V) soit en courant alternatif 230V.
- **Carte Raspberry Pi** : Les cartes Raspberry Pi sont des nano-ordinateurs de la taille d'une carte de crédit, pour un cout réduit. Il s'alimente en USB 5V pour environ 2.5W. Il se récupère difficilement, mais correspond bien à un programme planifié minimisant la

production du numérique.

— **Smartphone** : le smartphone est l'exemple parfait d'un objet numérique produit en abondance et remplacé rapidement. Un grand nombre de smartphones encore en état de fonctionner prend donc la poussière dans des tiroirs. Ils fonctionnent en 5V pour environ 2W. Bien que disposant que d'un seul port pour transférer des fichiers, il permet cependant d'utiliser du Bluetooth, de faire du partage de connexion ou de se connecter à internet presque n'importe où en 4G, le rendant particulièrement mobile.

Après un choix multicritères basé sur l'outil tableau de choix (voir l'annexe D), nous avons identifié le smartphone comme étant la meilleure solution pour notre projet. Nous avons donc récupéré les smartphones qui traînaient dans notre placard, dans ceux de nos amis et dans les boites de récupération de matériel électronique installées à l'ENSE3. Nous avons travaillé à remettre en état une partie d'entre eux en les réinitialisant et en essayant même d'installer des nouveaux systèmes d'exploitation dessus. Nous avons fini par utiliser le smartphone qui fonctionnait le mieux, un Redmi 9C NFC fonctionnant sur Android.

Ce téléphone pourra désormais servir de serveur, à l'aide d'application comme *Termux* qui permet de rentrer des lignes de commandes et d'installer des packages comme *Apache2*, un serveur http. Nous expliquons ces différents usages du smartphone serveur dans la partie 9.

8.3 Module énergétique : alimentation photovoltaïque

Notre smartphone faisant office de serveur, il faut maintenant l'alimenter en électricité pour qu'il puisse fonctionner. Or, nous le rappelons, notre système doit s'adapter à des contextes où l'électricité est parfois peu accessible, et en ayant un impact environnemental le plus faible possible. Il est donc pertinent de penser à un système d'auto-alimentation à partir d'énergies renouvelables.

Nous avons établi différents critères à respecter pour cette auto-alimentation :

— **Autonomie du système** : le produit doit permettre au système complet de marcher de manière autonome, et permettre au serveur de s'affranchir du réseau électrique pour fonctionner.

— **Fiabilité** : le produit doit assurer une alimentation du serveur la plus continue possible.

— **Récupérabilité** : le produit doit être accessible en récupération ou d'occasion, et de préférence de manière assez répandue dans le monde pour que ce soit le cas en un maximum d'endroit.

— **Simplicité de production et d'utilisation** : le produit doit être simple à produire et à utiliser, pour que les utilisateurs ne soient pas réticents son usage.

— **Transportabilité/Encombrement** : le produit doit pouvoir être transporté de manière simple par une seule personne.

Face à ces critères, plusieurs solutions ont été envisagées :

— **Connexion réseau** : consisterait à brancher notre serveur simplement sur le réseau à l'aide d'un chargeur classique.

— **Panneau solaire** : alimenter notre serveur à l'aide d'un panneau solaire branché sur une batterie tampon.

— **Éolienne transportable** : alimenter notre serveur à l'aide d'une éolienne branchée sur une batterie tampon. On peut par exemple imaginer une connexion à une éolienne Pyggott de petite taille, et dont le tutoriel low-tech est disponible sur le Low-tech Lab.

— **Vélo générateur** : Alimenter notre serveur à l'aide d'un vélo muni d'un alternateur. Cette idée nous vient de Yoan Svejcar de "La voie des écolieux" lors d'une de ces expériences dans un écovillage en Inde.

Après une analyse hiérarchique multicritère (voir l'annexe E), nous en sommes venus à la conclusion que la solution du panneau solaire était la mieux adaptée pour notre cas d'utilisation.

Nous nous sommes donc procurés le matériel pour réaliser le schéma de la figure 7.

Pour dimensionner notre installation, nous avons développé un calculateur (voir Annexe F). Lors de notre test, un smartphone est resté en mode "4G et partage uniquement" avec écran éteint

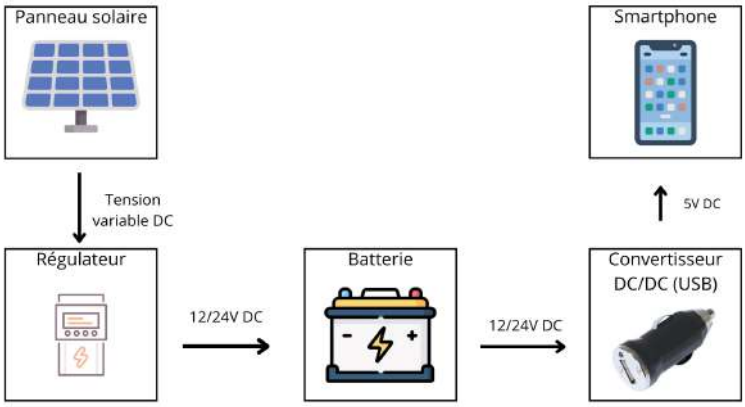


FIGURE 7 – Schéma du câblage de l'alimentation de notre Dominik

et utilisation du partage "standard" sur une période de 24h et 24 minutes. Notre smartphone est passé de 80% à 15%, soit 7,51Wh de consommé en 24,4h. La puissance moyenne est donc de 0,31W.

Nous nous plaçons dans le cas du jour le plus court de l'année à Grenoble avec une inclinaison de panneau de 66% orienté sud, en supposant l'absence de masque. L'Irradiation Solaire Globale (en kWh/m^2) (IGP) est de 2720 Wh/m^2/jour [11]. Nous prenons un temps d'autonomie minimum de 40h (2 nuit et 1 jour complet sans soleil en hiver), et un temps de recharge maximal de 1 jour, soit environ 8h pour décembre en prenant en compte les masques lointains. Les autres valeurs importantes sont choisies comme celles du calculateur (annexe F). Grâce au calculateur, nous obtenons les résultats suivants :

— Capacité de batterie : 12.3 Wh

— Surface de panneau : 0,044 m^2 soit un panneau de 30 cm par 15 cm

— Puissance minimale du régulateur : 4,4 W

— Section de câble : 1,5 mm^2

Remarque : Une approche théorique est à intérêt limité. Nous avons essayé cette approche au début, mais les données que vous trouverez sur le net varient énormément selon les modèles, et ne prennent pas du tout en compte les conditions environnementales et l'état du smartphone.

Remarque : Ce dimensionnement ne prend pas en compte la possibilité de charger d'autres téléphones. Cela n'était pas utile pour notre démonstrateur.

Le régulateur de batterie utilisé est un PWM, qui est moins performant qu'un MPPT mais tout à fait adapté à notre cas d'usage.

La plupart des câblages ont été réalisés par soudure à l'étain ou par système domino/cosse.

Un protocole de test de l'installation a été rédigé dans le tutoriel de fabrication. Malheureusement, nous n'avons pas eu le temps de le réaliser.

Pour une description plus précise de ce module énergétique, le tutoriel de construction est disponible en annexe S.

8.4 Contrôle et tests

8.4.1 Afficheur de batterie

Dans le but de tester notre prototype et de pouvoir se rendre compte des flux d'énergie entrants et sortants de la batterie, il est utile de trouver un moyen de contrôler d'état de charge de

la batterie. Plusieurs options se sont alors dessinées :

1. Utiliser un voltmètre et se référer à une courbe de charge correspondante à la batterie
2. Fabriquer soit-même un petit indicateur LED à palier, à l'aide d'un tutoriel
3. Fabriquer un contrôleur avec écran LCD à l'aide d'une carte Arduino
4. Acheter un contrôleur dans le commerce

L'analyse hiérarchique multicritère (annexe I) nous a permis de déterminer la solution de l'achat dans le commerce comme étant la plus pertinente. Cependant, ayant eu déjà engagé des frais non remboursés par notre école, nous avons décidé de ne pas nous engager dans l'achat de nouveau matériel et nous sommes rabattus sur la deuxième solution la plus pertinente : l'afficheur à LED artisanal.

Nous l'avons réalisé au fablab de notre école. Pour cela, nous nous sommes basé sur le schéma disponible figure 8.

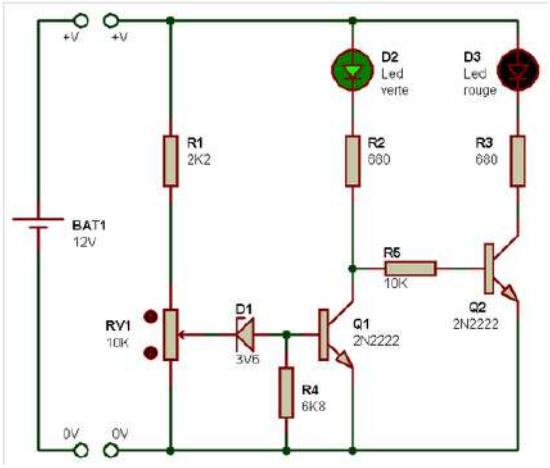
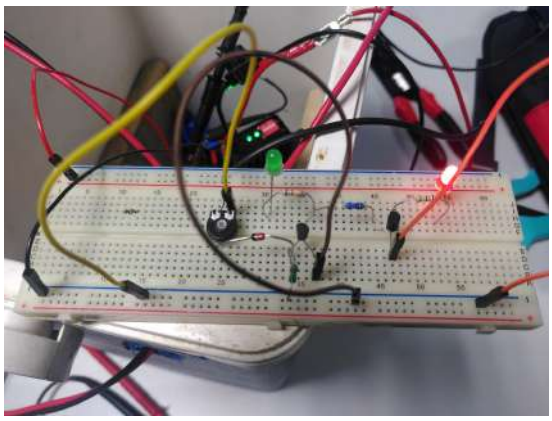
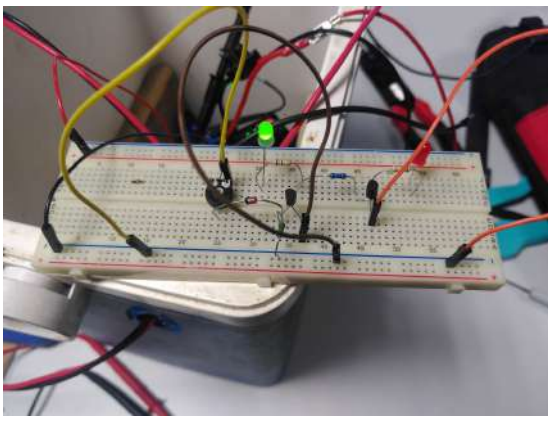


FIGURE 8 – Schéma du circuit électrique de l'afficheur de batterie

Ce dernier permet de faire un montage avec des composants simples (résistances, LED, diodes Zener, transistors et potentiomètre) pour indiquer à l'aide de 2 diodes (verte et rouge) si la tension en entrée dépasse ou non un seuil défini par l'utilisateur (voir photo 9). Ainsi, associé à une courbe de charge/décharge de la batterie, il est possible de régler le seuil à une tension qui indique un certain seuil de charge de la batterie (30% par exemple).



(a) Batterie déchargée



(b) Batterie chargée

FIGURE 9 – Photo de l'afficheur de batterie à LED

On imagine également que ce montage pourrait aisément être agrandi avec 2 autres LED (jaune et orange par exemple) et, avec des réglages adaptés, on pourrait alors afficher si l'état de la batterie est entre 0 et 25%, 25% et 50%, etc... On considère que cette option serait idéale, car l'utilisateur n'a pas réellement besoin de connaître la charge de la batterie au pourcentage précis.

8.4.2 Protocole de test

En vue de tester la validité de notre installation, nous avons réalisé deux tests :

1. Nous avons chargé le smartphone à 100% (18.5 Wh) et l'avons laissé le téléphone se décharger en condition d'utilisation normale pour repérer le temps de décharge.
2. Le 24 janvier, un jour de beau temps, nous avons pu accéder au Fablab de notre école sur le temps de midi. Nous avons donc mis notre panneau au soleil avec une inclinaison adéquate et avons régulièrement relevé la tension et l'intensité de charge de la batterie. Cela nous a permis de trouver la puissance maximale de charge.

Remarque : Nous avons aussi ajusté notre afficheur de batterie pour que la LED rouge s'allume lorsque la tension atteint les 11.5 V (la batterie étant de tension nominale 12.6 V). Cet afficheur ne nous aura donc pas servi pour les tests, mais il nous permettra de contrôler la charge de la batterie en fonctionnement normal.

8.4.3 Résultats

Ces tests nous ont permis d'établir que :

— Le smartphone se décharge en 150h (100% à 0%)

— En condition normale, le panneau délivre une puissance de 5,92W (12,6V ; 0,47 A)

Remarque : les valeurs sont différentes de celles du dimensionnement. En effet, le dimensionnement a été réalisé avant la conception de Dominik, où nous nous étions basés sur les mesures d'un de nos smartphones. Ce smartphone était différent de celui que nous avons utilisé pour la construction de Dominik. Les mesures de tests ont été réalisées après la construction. La batterie du smartphone utilisé pour la construction de Dominik a plus de capacité que ce qui avait été estimé lors du dimensionnement ; et sa consommation énergétique est bien moindre puisque le smartphone ne sert qu'à l'hébergement d'un site internet (pas besoin de partage de connexion). C'est ainsi que nous expliquons la différence des valeurs.

8.4.4 Analyse des résultats

Avec ces données, on peut calculer l'autonomie totale du smartphone avec 1 jour complet d'ensoleillement en décembre.

Calculons d'abord la quantité d'énergie que peut accumuler le panneau solaire le 24 janvier :

Le soleil se lève à 8h05, et se couche à 17h34 à Grenoble. En ne prenant pas en compte les masques lointains (comme le relief montagneux environnant), nous avons donc 9,48 h d'ensoleillement. Supposons que cet ensoleillement suive une loi telle que la puissance convertie par le panneau solaire soit :

$$P(t) = P_{max} \sin(\omega t)$$

où t est le temps passé depuis le levé du soleil. On sait que le 24 janvier, $P_{max} = 5,92W$. On a

$$\omega = \frac{\pi}{T} = 0.331\ rad/h^{-1}$$

où T = 9,48 h.

En négligeant les pertes de conversion, l'énergie accumulée dans la batterie correspond donc à l'intégrale sur le temps d'ensoleillement de cette puissance :

$$E_{janvier} = \int_0^{9,48} P(t)\,dt = [-\frac{P_{max}}{\omega}\cos(\omega t)]_0^{9,48} = 2 \times \frac{P_{max}}{\omega} = 35.74\ Wh$$

Maintenant, ramenons cela à un jour de décembre. Pour un plan incliné de façon optimale chaque mois, l'Irradiation Solaire Globale (en kWh/m^2) (IGP) est de 2,72 kWh/m^2/jour en décembre, et de 2.89 kWh/m^2/jour en janvier [11]. On peut faire l'hypothèse que l'énergie que le panneau va

pouvoir cumuler en une journée est proportionnelle à l'IGP vue son unité. En décembre, on aura donc une énergie cumulée de :

$$E_{dcembre} = E_{janvier} \times \frac{2.72}{2.89} = 33,63\ Wh$$

(possible car la batterie externe cumulée à celle du portable est de 100Wh). On sait que le smartphone se décharge de 18,5 Wh (100% de batterie) en 150h. Par produit en croix, on peut calculer l'autonomie globale. Après une charge de 33,63 Wh, l'autonomie sera de :

$$A = \frac{33.63}{18.5} \times 150 = 272\ h = 11\ jours$$

En conclusion, après 1 jour de soleil et un panneau bien exposé, l'autonomie serait de 11 jours. Nous avions dimensionné l'installation pour qu'elle puisse être autonome sur 2 nuit et 1 jour sans soleil en hiver (40h). On observe donc que grâce à la faible consommation du smartphone et sa grande capacité de base, l'objectif semble atteint. Cette affirmation est à confirmer avec l'expérience. En effet, ces calculs se basent sur des hypothèses fortes, telles que la linéarité de la charge avec l'IGP, la fonction sinus de la puissance absorbée (ce qui est une grosse approximation en vue du fonctionnement du PWM, voir 8.4.5), l'absence de pertes de conversions, l'absence complète de nuages, le positionnement parfait du panneau solaire en tout temps, ou encore l'absence de masques lointains, ce qui n'est pas le cas à Grenoble avec les montagnes. Ce calcul est une grosse approximation, mais qui nous amène à un ordre de grandeur satisfaisant permettant de prouver que l'installation n'est pas complètement sous-dimensionnée.

8.4.5 Fonctionnement du PWM

Notre régulateur de charge est un Pulse With Modulation (PWM). Ce dispositif permettant de transformer le vecteur électricité produit par le panneau solaire (DC, tension et courant variable) en un vecteur assimilable par la batterie pour sa charge (DC, tension stable (celle de la batterie), courant variable). Il permet aussi d'empêcher l'inversion de la puissance, c'est-à-dire la décharge de la batterie dans le panneau solaire si celui-ci ne produit pas assez. Cependant, nous avons découvert que contrairement à un dispositif Maximum Power Point Tracking (MPPT), le PWM ne permettait pas une augmentation de tension (fonction boost), mais seulement sa diminution (fonction hacheur). De ce fait, si le panneau a une tension trop faible, il ne peut pas charger la batterie.

Cela est un problème pour nous car la tension de puissance maximum est de 18V. Cela fait qu'il faut que les conditions soient bonnes pour charger correctement la batterie. En effet, s'il y a des nuages, même si le panneau pourrait produire un peu d'énergie, nous pensons que sa tension serait trop faible pour atteindre celle de la batterie, et empêcherait donc son chargement.

Il faut que le Low-Tech Lab de Grenoble fasse sa propre expérience sur l'autonomie de Dominik en conditions d'utilisation normale (chose que nous n'avons pas pu faire) pour voir si malgré ce phénomène, l'autonomie est suffisante. Si le problème du PWM se manifeste, deux solutions peuvent être adoptées :

- soit se procurer un régulateur MPPT, pour permettre la fonction boost ;
- soit se procurer un panneau solaire avec une tension de puissance maximale plus élevée pour permettre d'élever la tension malgré un ensoleillement moindre.

8.5 Module de mobilité : glacière

Pour que notre système soit transportable facilement, nous avons donc décidé de l'encapsuler dans un caisson étanche. Après un bref design en CAO, et quelques analyses sur ses exigences, nous avons pu élaborer une liste de critères importants pour nous, et une liste de solutions envisagées pour répondre à ces exigences.

Les critères étaient les suivants :

— Difficulté technique (Le produit doit nécessiter un savoir-faire et un équipement raisonnable pour être produit)
— Accessibilité (Les matériaux de production doivent être facilement trouvables, et peu chers)
— Dimensions adaptées (Le support doit pouvoir être adapté à notre usage en termes de dimensions)
— Étanchéité (Doit permettre au matériel de ne pas être endommagé si le caisson est exposé directement à la pluie.
— Perméabilité électromagnétique (Le caisson ne doit pas entraver la diffusion et réception des ondes électromagnétiques, notamment par des parois métalliques)
— Aspect esthétique “convivial" (Le produit doit nécessiter un savoir-faire et un équipement raisonnable pour être produit.)

Les solutions envisagées étaient les suivantes :

1. Création artisanale acier/bois : Cette solution consiste à créer notre boxe de A à Z à partir de matériaux bruts type acier et bois.
2. Glacière de récupération : Un autre idée consiste à récupérer une glacière en plastique de seconde main, et de l'aménager afin de recevoir notre installation.
3. Sac à dos : L'idée serait de mettre directement le matériel dans un sac à dos de récupération

Après une analyse hiérarchique multicritère (voir l'annexe G), nous en sommes venus à la conclusion que la solution glacière était la mieux adaptée pour notre cas d'utilisation.

FIGURE 10 – Photo de notre Dominik

Nous en avons donc récupéré une, que nous avons aménagé pour installer à l'intérieur quatre compartiments. Au fond, deux compartiments servent à accueillir la batterie et le régulateur de charge. Un étage supplémentaire sert de stockage pour la longueur de câble non utilisée et les cales d'orientation du panneau solaire. En haut, un compartiment "interface" où l'on trouve uniquement un allume-cigare USB sert à brancher le smartphone qui sert de serveur.

Sur le couvercle de la glacière, une charnière et du scotch velcro permettent de fixer le panneau solaire. La hanse de la glacière et quelques cales en bois permettent d'orienter le panneau solaire avec une orientation bien précise.

Un système de fixation annexe en métal permet d'exposer bien plus loin que directement sur la glacière. La longueur de câble est variable, est la jonction avec l'intérieur de la glacière se fait avec un passe-câble pour respecter la contrainte d'étanchéité.

Une étude thermique a été réalisée (voir l'annexe H) pour montrer qu'il est inutile d'ajouter un système de ventilation.

9 Les usages de notre Dominik

Bien que la fonction principale de notre Dominik soit de servir de serveur, le système a aussi plusieurs autres usages que nous détaillons ci-dessous. Le but de notre Dominik est de servir de vitrine pour la réalisation des tutoriels et de support pour les séances de sensibilisation et de diffusion des méthodes de construction et de fabrication. Il était donc pertinent de lui permettre de réaliser un grand nombre de fonctionnalités qui pourront servir dans d'autres cas d'utilisation que le nôtre. Lors de la réalisation d'une Dominik dans un cas précis, il sera donc possible de piocher dans les fonctionnalités proposées ci-dessous lors de la conception. Voici donc les usages associés à Dominik.

9.1 Charge de matériel numérique

Commençons par une petite exception : dans notre cas, nous n'avons pas dimensionné l'alimentation pour la recharge d'autres terminaux que celui qui nous sert de serveur. Cependant, nous avons documenté dans nos tutoriels la manière de le faire. Cela permettra aux utilisateurs de pouvoir brancher leurs équipements numériques pour recharger leurs batteries avec une source d'énergie renouvelable.

9.2 Partage de connexion

Le smartphone (ou autre équipement dans d'autres cas) qui sert de serveur peut aussi servir à diffuser une connexion internet. Le but est donc d'utiliser la fonction "Partage de connexion" pour permettre aux utilisateurs qui se trouvent à proximité (et qui n'ont pas forcément de carte SIM, ou pas de carte SIM anonymisé dans le cas de lieux militants) de se connecter au réseau Wi-fi généré par le smartphone.

9.3 Hébergement d'un site internet

Une des fonctionnalités clé de notre Dominik est l'hébergement d'un site internet sur un smartphone de récupération qui sert de serveur. Les serveurs sont l'un des éléments de base constitutifs d'internet, sous différentes formes (serveurs http, serveurs mail, etc.). Nous nous sommes concentrés sur un type de serveur particulier : un serveur web http, qui permet de mettre en ligne un site internet et de rendre accessible des fichiers. Nous expliquons dans cette partie la partie technique associée et le contenu de notre propre site créé dans le cadre du projet à l'adresse `http://lowtechnumerique.mooo.com/`. Les détails de la réalisation pratique de ces serveurs se trouvent dans les guides pratiques de ce site.

Quelques aperçus du site se trouvent figure 12.

9.3.1 Installation d'un serveur web http & usage local

Tout d'abord, il a fallu installer un serveur, une sorte de logiciel capable de gérer et distribuer les pages HTML. Nous avons cherché à mettre en place un serveur web, permettant d'afficher un site internet et de télécharger des fichiers. Nous avons identifié, expérimenté et documenté deux méthodes pour mettre en place un serveur web.

La première consiste à installer une application disponible sur le playstore nommée *"http server"*. Une méthode plus complexe, mais plus complète, basée sur des logiciels libres, consiste à installer *Termux*, une application émulant un terminal de commande, permettant ainsi d'accéder à la plupart des fonctionnalités d'un ordinateur Linux classique, notamment l'installation d'un serveur *http Apache2*. Ce serveur va permettre de distribuer les pages HTML demandées.

Dès la fin de cette étape, il est possible d'accéder au site depuis le réseau local : n'importe quel appareil connecté au même wifi par exemple, accèdera au site en rentrant l'adresse du serveur. Il pourra alors consulter le site internet et accéder aux ressources hébergées dessus. On pense donc ici à un usage communautaire de consultation et téléchargement de ressources à l'échelle d'un village, d'un

bâtiment, d'une maison ou d'une ZAD. On peut aussi laisser la possibilité aux utilisateurs d'ajouter des fichiers sur cet espace communautaire comme expliqué dans la partie 9.4.2.

9.3.2 Par Wi-fi configurable

Un autre usage est de pouvoir publier un site internet et de rendre accessible publiquement le site et ses fichiers par n'importe qui sur internet. Nous avons donc réalisé et documenté toutes les étapes de la mise en ligne d'un site autohébergé classique, notamment la redirection de port au niveau du routeur (wifi), réservation d'un nom de domaine sur un service DNS.

La redirection de port est un paramétrage à mettre en place sur la fenêtre d'administration de la box internet qui permet d'autoriser des requêtes venues d'internet à rentrer dans notre réseau local, en les redirigeant au bon endroit : notre serveur. Elle est sélective : on ne laisse pas tout rentrer, on autorise uniquement les requêtes arrivant sur le port 80 destiné au protocole http (443 pour https).

Les services de DNS sont des serveurs qui ont le rôle d'annuaire d'internet : à partir du nom d'un site, ils fournissent son adresse (appelée adresse IP publique). Beaucoup des services DNS sont payants mais il est possible d'en obtenir des gratuits (à condition de s'accommoder d'un nom de domaine, le nom du site, limité). C'est pour cela qu'il y a un *".mooo.com" sur le nom de notre site*). Ils peuvent grâce à la fonction DynDNS géré les changements d'adresse IP du site : en effet certaines box internets n'ont pas toujours la même adresse, et le serveur pourrait être déplacé d'une wifi à l'autre.

9.3.3 Serveur d'autohébergement mobile

Nous avons cherché à mettre la mobilité au cœur du projet. Dans l'état actuel du système Dominik, il est mobile grâce à son format et son autonomie en énergie. Il peut donc théoriquement être transporté de wifi en wifi, à condition de prendre le temps de reparamétrer les wifis à chaque fois. Nous aurions aimé le rendre complètement mobile grâce à la 4G et pouvoir ainsi l'utiliser au fond des montagnes, en vélo ou sur un bateau, et ne plus se soucier de son emplacement. Néanmoins, dût à des limites techniques, cela s'est révélé plus compliqué que prévu mais nous proposons des pistes pour pallier ces limites dans la partie 10.

9.3.4 Éco-conception numérique & templates de l'IAE

Un site complet a été programmé en format HTML et CSS. Ce site se veut sobre et suit donc les principes de conception low-tech : pas de contenu interactif, peu d'images, compression des images grâces aux techniques de *dithering*. Nous avons rassemblé des ressources et des outils pour se lancer dans l'éco-conception numérique lors de la création d'un site web, sous forme d'un guide pratique disponible sur le Wiki de Low-tech Lab ou sur notre site internet, ainsi que sous forme de templates de sites statiques (aperçu figure 11), réalisés à l'aide d'étudiants de l'IAE. Ces templates prêt à être remplis permettent de prendre en main rapidement la programmation HTML et d'avoir un rendu esthétique sans forcément être un professionnel de ces langages.

Nous avons par exemple proposé un atelier aux étudiant-es partant en césure pour réaliser un site internet éco-concu.

9.3.5 Contenu du site

Le site que nous avons créé et hébergé sur Dominik répond à un objectif de sensibilisation mais aussi à des objectifs de documentation, tout en étant un démonstrateur de ce qu'est ou pourrait être Dominik. Il permet de décrire le projet, de mettre en ligne les guides pratiques pour recréer la box Dominik, de proposer des ressources sur l'impact du numérique et un accès à un support de stockage, à l'adresse lowtechnumerique.mooo.com.

Il est volontairement visuellement épuré pour faire écho aux pratiques de sobriété numérique.

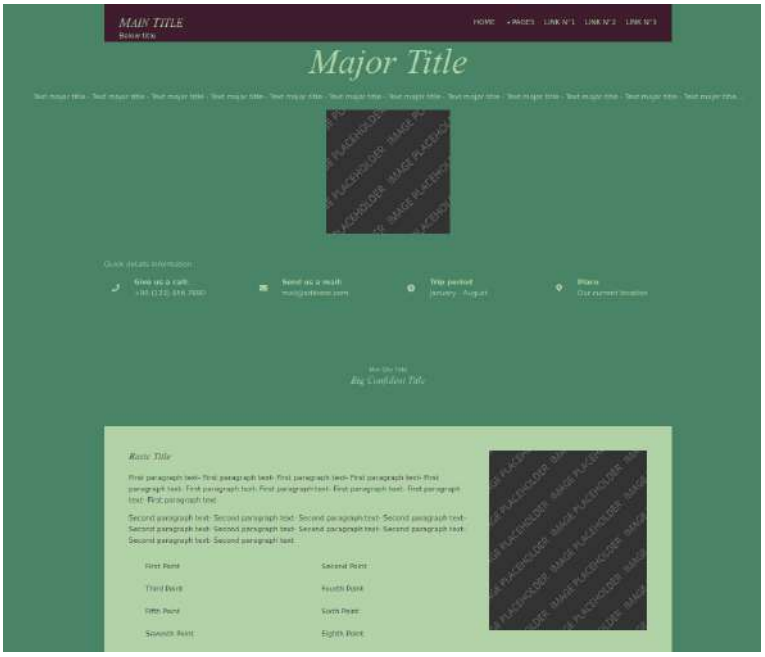


FIGURE 11 – Page d'accueil d'une des versions du template de site statique réalisé par les étudiants de l'IAE

9.3.6 Sécurité du site

Les guides que nous proposons ne permettent pas d'assurer une sécurité importante pour le site. En effet, on notera notamment que le protocole https n'a pas été documenté, par manque de temps et pour ne pas complexifier la documentation. Il est donc primordial de ne pas utiliser ces sites pour des usages nécessitant de la sécurité, notamment des formulaires, des données sensibles, des systèmes de comptes et de mots de passes ou de paiement. L'objectif est ici plutôt d'avoir un site façade informatif.

9.4 Réseau local

Une grande partie de l'usage de Dominik est prévue pour une échelle locale, pour proposer des services numériques à une communauté, un immeuble, un village ou un quartier. Cet usage local se base sur la fonctionnalité partage de connexion, qui permet de créer un réseau local même quand il n'y a pas de 4G (il faut parfois installer une application de partage de connexion spécialisé, car les portables désactivent parfois le partage de connexion quand les données mobiles sont désactivées). Un réseau local est ainsi créé entre tous les appareils se connectant au partage de connexion, ce qui veut dire que chacun d'entre eux peut communiquer avec les autres appareils (tout comme on peut imprimer à distance depuis une même wifi). Nous avons proposé deux modes d'usage de ce réseau local.

9.4.1 Manyverse

Le premier moyen d'interagir à travers le réseau local est considéré comme le plus accessible, au sens du plus *user-friendly*. Effectivement, le projet *Manyverse* est un réseau social gratuit et open-source, fonctionnant en hors-ligne et disponible sur ordinateur et smartphone [12]. *Manyverse* ne nécessite pas de création de comptes, il faut simplement que chaque appareil qui veut se joindre au réseau social ait téléchargé l'application. Une fois le réseau local créé par l'appareil électronique central de Dominik, tous les appareils à proximité et connectés à ce réseau local pourront s'envoyer des messages, des fichiers et poster sur un fil d'actualité public (au sens où tous les utilisateurs du réseau local voient ce fil d'actualité). Néanmoins, l'intégralité de ces opérations peuvent être effectués sans connexion à Internet. Pour l'avoir testé, *Manyverse* semble fonctionnel, simple d'utilisation et

(a) (b)

(c) (d)

FIGURE 12 – Pages principales du site lowtechnumerique.mooo.com

prometteur pour échanger des informations entre des appareils électroniques qui n'auraient pas accès Internet. De plus, l'ensemble du projet est diffusé sous des licences ouvertes. Cependant, le projet est toujours en version bêta, c'est-à-dire que même s'il est déjà ouvert au public, ce dernier a plutôt le rôle de testeur car *Manyverse* n'est pas encore totalement au point d'après ses concepteurs.

9.4.2 Commandes SSH

Un mode d'utilisation moins *user-friendly* est de passer directement par des commandes *SSH*. Secure Shell (SSH) est un package qui permet de créer un canal de communication entre deux appareils, dans lequel on peut transférer de manière sécurisée des fichiers d'un ordinateur à l'autre, ou même contrôler à distance l'autre appareil en rentrant des lignes de commandes (des instructions lui disant d'effectuer telle ou telle action) dessus l'autre ordinateur.

Grâce à SSH on peut donc, en plus de faire la maintenance du site depuis un autre appareil, transférer des fichiers ou en récupérer sur le serveur. On peut par exemple, sur un autre portable disposant de termux ou sur le terminal d'un autre ordinateur écrire la commande : *scp -P 8022 nomDuFichier nomUtilisateur@AdresseServeur : /chemin/nouveauNomDuFichier* pour copier le fichier *nomDuFichier* sur le serveur à l'adresse *AdresseServeur*, dans le dossier */chemin/nouveauNomDuFichier*. On pourrait également utiliser la commande rsync qui permet de synchroniser deux dossiers, en passant par SSH : *rsync -az source/ login@adresseserveur :/destination/*.

On le concède, ce mode d'utilisation est clairement moins pratique. On peut avancer cependant qu'il limitera les usages inutiles du numérique, en compliquant la tache d'importation d'un nouveau fichier sur le serveur (même si en soi ce n'est qu'une seule commande). Il permet cependant une plus grande compatibilité entre les appareils, SSH étant un protocole de réseau basique et disponible sur la plupart des supports (ordinateur, téléphone, etc.).

Cet usage local permet le partage de fichier. Mais dans le cas d'un serveur uniquement dédié au stockage, on recommande d'utiliser un serveur gérant beaucoup mieux les bases de données, en y installant un service comme NextCloud par exemple, ce que nous n'avons pas essayé.

9.4.3 Avertissement sur l'utilisation du réseau local

Dans une des oeuvres fondatrices de la low-tech, *La convivialité* de Ivan Illich [13], ce dernier définit un outil convivial comme un outil qui "élargit le rayon d'action personnel". C'est sur cet aspect que nous souhaitons avertir l'utilisateur par rapport à l'utilisation de Manyverse. Comme expliqué précédemment, l'utilisation de Termux permet d'échanger des fichiers grâce à des manipulations

par ligne de commande dans un terminal. Cet aspect peut sembler assez rédhibitoire par rapport à l'interface claire et ergonomique de Manyverse. Néanmoins, Manyverse, bien qu'il soit assez basique, représente quand même la remise en place d'un réseau social, dans ses bons comme dans ses mauvais aspects. D'autant plus dans le cadre d'un réseau local, il est intéressant d'interroger l'utilité de certaines fonctionnalités proposées par Manyverse.

Effectivement, l'ensemble des personnes connectées au réseau local créé par le smartphone central de Dominik se trouve dans le rayon de portée du point d'accès WiFi, qui se situe dans la dizaine de mètres autour de Dominik. Ainsi, est-ce que si j'ai quelque chose à dire à une personne qui se trouve à une dizaine de mètres de moi, est-ce que je ne peux pas tout simplement lui dire directement ? Idem, si je souhaite montrer une photo, une vidéo ou une musique que j'apprécie, est-ce que je ne peux pas simplement organiser un temps convivial de partage pour en discuter ?

Si la solution Manyverse est séduisante, il est important de ne pas reproduire inutilement une dépendance à une identité virtuelle, et replacer les moments de partages et d'interactions dans la réalité autant que possible, dans l'optique de recréer des Communs. C'est pourquoi il est intéressant de considérer la première solution, car dans ce cadre, il peut être enviable d'avoir un numérique limité à son utilisation minimale et légèrement difficile d'accès.

Néanmoins, dans le cadre d'un réseau local dont la portée serait beaucoup plus grande (comme expliqué dans les limites du projet), la solution Manyverse pourrait être beaucoup plus pertinente.

9.5 Stockage hors-ligne et Sneakernet

Dans la partie **??**, nous avons expliqué ce qu'était un Sneakernet, une méthode de transfert de fichier sans l'intermédiaire de réseaux informatiques, mais plutôt à l'aide de clef USB, de disque dur et de carte SD. Ce concept est clé dans notre approche de la réappropriation du numérique et le questionnement de son démantèlement. En effet, il parait pertinent dans un monde en décroissance énergétique et numérique de recréer des flux physiques d'échange de données. De ce fait, si certains utilisateurs se retrouvent dans un paradigme de monde sans réseau internet (constant), il est nécessaire d'avoir recréé des mécanismes de partage d'information autrement que par ce réseau. Le but est donc d'autonomiser les humains, et les rendre beaucoup moins dépendants qu'aujourd'hui à un système d'échange de fichier qui représente aujourd'hui est de très loin un monopole radical [13].

Nous avons donc décidé d'inscrire notre Dominik dans cette optique de Sneakernet en stockant sur le smartphone un ensemble de données essentielles d'internet qu'il sera possible de se transmettre en physique. Pour satisfaire cette attente, ces documents seront stockés sur la carte SD éjectable du smartphone-serveur au centre de la glacière. Le design Dominik a été conçu de manière à permettre une mobilité facile du dispositif, et ainsi lui permettre d'aller physiquement apporter des documents dans des endroits où ce serait nécessaire.

9.5.1 Sondage

Nous avons décidé que les informations stockées dans l'optique du Sneakernet devraient être représentatif de l'essentiel utile d'internet. Cependant, il n'est pas pertinent de choisir nous-même ce que doit être cet "essentiel utile d'internet". Serait-ce l'encyclopédie Wikipedia dans son ensemble ? Des tutoriels de survie ? Des éléments de culture (livres, musique, ...) ?

Nous avons donc décidé d'obtenir un avis du grand public par l'intermédiaire d'un sondage. Ce sondage a été réalisé par des étudiants de l'IAE. Le sondage ainsi que le rapport d'interprétation des résultats se trouvent en annexe J.

On retiendra que :

— L'étude s'est basée sur 131 réponses, avec une répartition de genre équitable, mais avec une proportion d'étudiants sur-représentée.

— On notera également que les questions induisent, plus ou moins volontairement, puisque le but était en partie que les réponses concerne une situation d'effondrement, un biais

d'imaginaire catastrophiste, alors que notre système peu également concerné des situations de démantèlement et de décroissance organisée du numérique.
— Dans le cas d'une situation d'urgence, d'un effondrement rapide, les documents concernant la survie immédiate récoltent assez logiquement une approbation forte, accompagné par la possibilité de communiquer à distance et les cartes
— En scénario un peu plus long terme et concernant l'humanité en général (ce qui laisse un flou entre un démantèlement organisé du numérique, ou une phase plus longue et durable après un effondrement du numérique), une grosse part est donnée aux sciences et à la technologie, ainsi qu'à l'histoire et les langues. Vienne ensuite la communication, la culture et la presse.
— Le format texte reste le format le plus privilégié pour le partage de connaissance, la vidéo arrive quasiment à exæquo. Il y a donc un vrai enjeu autour de ce format, considéré comme particulièrement efficace et pertinent pour transmettre des infos, mais pourtant particulièrement vorace en énergie et en espace de stockage. Il faut donc trouver des pistes pour soit le rendre moins consommateur (vidéos compressées, "diapo-podcast" pour remplacer les longues vidéos comportant simplement des images d'illustration, etc.), soit trouver des moyens de rendre les autres formats plus attractifs et efficaces (on note par exemple une réelle amélioration du format audio grâce au boom des podcasts).

9.5.2 Contenu sélectionné

En vue des résultats du sondage, nous inclurons dans ce dossier les types de contenus suivants :

— Survie et premiers soins
— Moyen de recréer un mode de communication ou de réception d'information (émetteur et récepteur radio)
— Cartes géographiques
— Bases de langues
— Connaissances scientifiques, historique et technique (notamment réparation)
— Quelques fichiers de culture et de loisir

Ces fichiers sont consultables et téléchargeables dans l'espace de stockage du site. Ce serait notre contribution aux savoirs numérisés présents dans une société où les systèmes de télécommunication seraient effondrés, mais nous espérons qu'ils seront complétés par de nombreux autres documents que nous pourrons nous échanger à ce moment-là !

10 Les limites & pistes de solution

10.1 Mise en ligne d'un site internet par la 4G

Initialement, le smartphone a été été retenu pour sa mobilité a révélé une limite technique majeur : il semble impossible de mettre en ligne un site internet directement par la 4G. En effet, l'adresse IP délivrée aux appareils par les antennes 4G sont partagées entre plusieurs appareils, et nous n'avons pas la main sur le paramétrage de l'antenne 4G. Il est donc théoriquement impossible de mettre en ligne un serveur autohébergé en 4G. Plusieurs pistes ont été étudiées pour contourner ce problème. Des cartes SIM spécialisées proposent ce genre de service mais sont peu accessibles. Le logiciel et le réseau Tor seraient capables de router le service n'importe où, mais nous n'avons pas trouvé de documentation détaillée à ce sujet. Une piste retenue est celle du reverse proxy : un serveur relai qui redirigerait les demandent de connexion au serveur mobile final. Ce serveur pourrait être à une adresse fixe, disposant d'une box internet, et serait ainsi joignable par les internautes. Le serveur mobile le contacterait via une connexion reverse SSH (un protocole de connexion sécurisé, qui

s'utilise bien sûr l'application Termux d'un portable), pour créer un tunnel entre lui et le portable qui permettrait de transmettre le site internet.

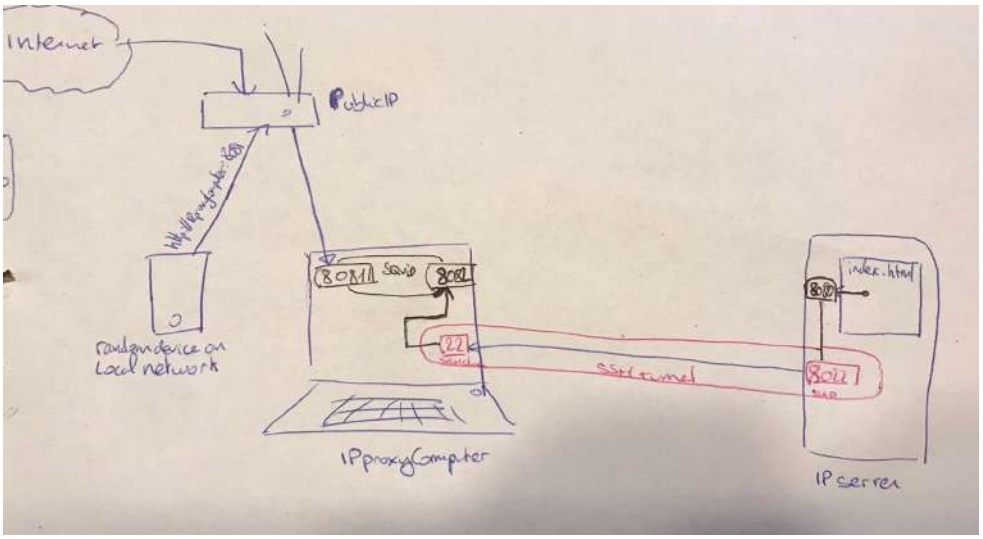


FIGURE 13 – Schéma de connexion reverse SSH sur un reverse Proxy

Ces deux étapes ont été réalisées. Nous arrivons à rediriger les utilisateurs sur le serveur proxy intermédiaire, et nous arrivons, à rendre accessible le site d'un portable en 4G sur ce serveur. Néanmoins, nous n'arrivons pas à connecter ces deux maillons. Il faudrait réussir à paramétrer correctement un logiciel de proxy. Nous avons essayé sur Squid, on nous a également recommandé Nginx et HA-proxy. À la place de la connexion SSH, il nous a aussi été conseillé d'initier une connexion VPN à l'aide d'un concentrateur VPN et d'un client VPN type openvpn, mais nous n'avons pas eu le temps de tester ces solutions.

La mise en place d'un tel système, même si elle rajouterait du matériel, permettrait par exemple d'emmener le système Dominik sur une ZAD et de profiter de ses usages locaux, ou de mettre en ligne un site au Liban malgré les coupures d'électricité, car les antennes 4G sont maintenus à l'aide de groupes électrogènes. Le relai pourrait être dans un autre pays. On peut aussi imaginer d'utiliser un serveur proxy relai pour plusieurs sites différents grâce un système de démultiplication.

10.2 Portée du réseau local

Une grosse parties des usages de notre Dominik repose sur le partage de connexion de l'appareil. Ce partage de connexion a une portée qui varie en fonction de l'appareil qui s'y connecte, mais aussi en fonction de la norme Wi-Fi utilisée par le routeur et l'équipement qui souhaite se connecter. En théorie intérieur, la portée est d'une trentaine de mètre. On peut atteindre 100m en extérieur. Néanmoins, la portée reste généralement faible et limite ainsi l'utilité de passer par le numérique pour ces usages, plutôt que d'aller parler directement aux personnes ou de se connecter à un disque dur.

Le besoin d'une plus grande portée se fait donc vite sentir. Une piste pour cela serait de faire des relais de partage de connexion wifi avec d'autres smartphones, ce que permettent certains smartphones modernes, mais ne semble pas être possible sur les "anciens" smartphones. Une autre piste serait d'utiliser le wifi longue portée et des antennes low-techs comme détaillé dans l'article "comment bâtir un internet low-tech" de Kris De Decker [14].

10.3 Interruptions du serveur

Le serveur a tendance à s'éteindre au bout de quelques jours d'inactivité. Il faut alors le relancer manuellement en relançant une commande sur Termux. Nous avons augmenté le temps

avant que le serveur s'éteigne en désactivant les fonctionnalités d'économie d'énergie sur les téléphones et spécifiquement pour l'application Termux. Nous avons aussi rajouté le lancement des services httpd dès le lancement de Termux en modifiant le fichier de configuration à l'adresse */.termux/boot/scriptlancement.sh*. Nous avons également installé l'application *Termux :Boot*, une extension de Termux qui lance Termux au démarrage du téléphone, pour que Termux redémarre automatiquement s'il n'y a plus de batterie.

Néanmoins, le serveur continue à être désactivé au bout de quelques jours. Une piste serait de programmer un petit script relançant automatiquement le serveur.

11 Évaluations et analyses de notre Dominik

11.1 Analyse budgétaire

Pour avoir une idée globale du coût de cette installation, il est intéressant de réaliser une analyse budgétaire. Cependant, étant donné que notre système se base en grande partie sur du matériel de seconde main ou de récupération, il n'est pas possible de se référer aux prix du matériel neuf uniquement.

Nous avons donc développé une méthode de calcul prenant en compte la probabilité de trouver les composants en récupération et en seconde main. Cette méthode permet de pondérer le prix neuf par la probabilité que l'objet soit disponible en seconde main (donc à prix réduit), ou récupérable (donc gratuit). Les prix et les probabilités ont été calculés par statistiques sur l'offre disponible en ligne, et sur notre expérience personnelle.

Le détail de la méthode se trouve en annexe K.

Pour notre système Dominik, nous avons trouvé les prix des figures 14 et 15.

Budget estimé d'un serveur auto-alimenté

Composant	Prix max	Prix moyen	Récupérabilité (/5)	Opportunité Seconde-main (/5)	Facteur de prix f	Prix max réajusté	Prix moyen réajusté
Panneau solaire (0,05 m²)	45.00 €	20.00 €	2	3	0.547992155	19.68 €	8.75 €
Régulateur solaire	50.00 €	26.00 €	0.5	4	0.592453714	30.33 €	15.77 €
câbles (1,5mm², 15m)	6.54 €	3.00 €	2	4	0.728055046	3.07 €	1.41 €
Batterie (12V, 1Ah)	40.00 €	30.00 €	3	4	0.457745769	9.06 €	6.79 €
Allume-cigare USB	10.00 €	4.00 €	2	3	0.296666667	3.47 €	1.39 €
Smartphone (ancien modèle e.g. 2015)	150.00 €	90.00 €	3.5	5	0.44484219	20.02 €	12.01 €
Indicateur charge batterie (Optionnel)	20.00 €	5.00 €	2	0.5	1	12.00 €	3.00 €
					TOTAL	85.62 €	46.12 €

FIGURE 14 – Budget estimé d'un serveur auto-alimenté

Budget estimé du support physique

Composant	Prix max	Prix moyen	Récupérabilité (/5)	Opportunité Seconde-main (/5)	Facteur de prix f	Prix max réajusté	Prix moyen réajusté
Glacière	50.00 €	35.00 €	2	4	0.13830303	9.32 €	6.52 €
Bois de construction	20.00 €	10.00 €	5	0	1	0.00 €	0.00 €
Passe câble	0.50 €	0.40 €	2	3	0.4	0.19 €	0.15 €
					TOTAL	9.51 €	6.68 €

FIGURE 15 – Budget estimé du support physique

Le budget moyen total est donc de 52.8€. On voit donc que par rapport à notre cahier des charges, nous sommes un petit peu plus élevé. Cela reste cependant un calcul approximatif. Nous estimons donc qu'une personne prenant le temps de chercher des matériaux de récupération ou d'occasion pourra passer sous la barre des 50€, mais que certains auront un budget un peu plus conséquent.

11.2 Enjeux socio-écologiques

Dans le but d'évaluer la réponse aux impacts socio-écologiques, nous avons décidé de reprendre le concept d'Ivan Illich : La convivialité [13]. En effet, une grande partie du problème de l'ingénierie actuelle est qu'elle continue à croire que plus de technologie va permettre de réduire les impacts de la technologie comme utilisée actuellement. Cette vision pose problème, car elle ne remet à aucun moment en cause le système axiologique de notre société, et notamment du paradigme de croissance économique comme seul moyen de procurer du bonheur aux individus qui la compose. Un outil convivial au sens d'Ivan Illich permettrait donc d'élargir le rayon d'action de l'individu sans pour autant induire une relation d'esclavagisme d'homme envers les machines ou envers d'autres hommes, et sans dégrader l'autonomie des individus. En cela, les technologies conviviales permettent de répondre aux enjeux socio-environnementaux : elles permettent de réduire la domination destructrice de l'Homme sur son environnement, et d'autonomiser les individus pour qu'ils puissent collectivement organiser une vie digne en société.

Pour une analyse d'impact environnementale plus quantifiée, il faudra se référer à l'ACV (voir partie 11.4).

En prenant en compte ces considérations, nous avons décidé d'évaluer l'impact socio-environnemental par la matrice de convivialité de notre système Dominik (voir figure 16). Cette matrice a été développée par Vetter : "The Matrix of Convivial Technology" [15]. Elle permet d'effectuer une auto-évaluation de la capacité *conviviale* de notre solution

	Matériaux récolte, transformation et l'élimination des matières premières	**Production** assemblage des matières premières et des préproduits	**Usage** assurer la tâche pour laquelle ça a été conçu	**Infrastructure** environnement nécessaire à l'utilisation
Relation *Qu'est-ce que ça apporte entre les personnes ?*	• Recherche des composants en récup augmente les interactions sociales. • Activité de groupe • S'adapte à la localité (traditions, matériaux, manières de faire,...) • Diversité de sources	• Processus de de création désinhibant, qui renforce la cohésion et la confiance en soi. • Favorise la transmission de savoir. • Autonomisant • Liberté dans les choix de conception • Favorise le partage de connaissances et d'outils	• Outil en gestion collective. • Favorise la transmission de savoir. • Favorise les interactions à distance • Ne provoque pas de renfermement et d'addictions • Réparations et améliorations (responsabilités) collectives • Favorise la cohésion de groupe	• Environnement en milieu collectif • Humain intégré par le système • N'induit pas d'esclavagisme • Autonomisant
Accessibilité *Qui peut construire, l'utiliser ? où et quand?*	• Matériaux adaptables donc disponibles à de nombreux endroits. • Smartphone délaissés dans presque tous les endroits mondialisés. • Se base sur des matériaux de ruine du capitalocène.	• Accessible assez facilement grâce aux tutoriels (open source) • Nécessite du matériel de bricolage et un peu de connaissances donc peut restreindre un peu l'accessibilité. • Peu coûteux	• Accessible assez facilement grâce aux tutoriels. • Nécessite du matériel de bricolage et un peu de connaissances donc peut restreindre un peu l'accessibilité. • Interfaces parfois peu attrayantes, mais design attrayant !	• Satisfait des besoins • est ouvert à tous
Adaptabilité *Quel est le degré d'indépendance et d'interrelation ?*	• Matériaux adaptables selon le contexte. • Économie locale (on considère que le matériel électronique est une ruine à utiliser)	• Modulable, adaptable, interopérable • Changement d'échelle possible • Design évolutif et appropriable • Création par le groupe de designers • Design collaboratif	• Modulable, adaptable, interopérable • Changement d'échelle possible • Multifonction • Améliorations et réparations possibles et permanence par des personnes compétentes • Mobile, échangeable	• Favorise la compétence plutôt que la connaissance. • Encourage la divesité des sytèmes • Encourage l'adaptation du système au contexte socio-environnemental
Bio-interaction *Comment cela interagit avec les êtres-vivants ?*	• Les matériaux demandent beaucoup de ressources minières et d'énergie pour leur création (pollution du sol, de l'air etc...). Cependant, le processus se base sur la récupération de ces produits abandonnés. C'est une seconde vie. • énergie utilisée renouvelable	• Processus peu énergivore, qui ne demande pas de grosses infrastructures. • Processus non violent pour la nature est les hommes.	• L'utilisation ne produit pas de pollution particulière excepté l'émissions d'ondes donc désorientation des insectes. • Déchets toxiques !	• Pas de grosse emprise au sol. • Pas d'artificialisation.
Adéquation *Relation entre ENTREE et SORTIE dans un CONTEXTE donné.*	• Énergie renouvelable • Matériaux récupérer pour allonger leur temps d'utilisation.	• Processus artisanal économe en ressources. • Outils standardisés • Permets d'utiliser les moyens de production locaux	• Prône la suffisance • Empêche le mal-être des utilisateurs • Prône la réparabilité • Marche aux énergies renouvelables	• Permet d'éviter les dérives du numérique actuel • Autonomisant pour les individus
	Matériaux	**Production**	**Usage**	**Infrastructure**

FIGURE 16 – Matrice de convivialité de Dominik

D'après nous, notre système Dominik peut être considéré de façon plutôt claire comme un outil convivial. En effet, son accessibilité est assurée par nos tutoriels, le prix relativement faible, et la profusion des matériaux. Cet outil est également très adaptable au contexte socio-environnemental de construction, et peut prendre différentes formes sur différentes échelles. Il est facilement modifiable, améliorable, et réparable. Il permet aux individus de se réunir autour d'échange de compétences et de sessions créatives. L'outil est donc pleinement intégré dans la communauté qui la fabrique et l'utilise.

La récupération des matériaux lui permet d'avoir un impact environnemental très faible, dans la mesure où elles se basent sur les ruines ruineuses (voir [10]) de notre société actuelle, et l'utilisation d'énergie renouvelable lui permet d'éviter l'extraction d'énergies fossiles et l'émission de gaz à effet de serre.

Cependant, deux aspects entravent une partie de sa dimension conviviale :

— D'abord, le fait qu'elle nécessite quelques outils ou matériaux non disponibles partout dans tous contextes (régulateur solaire, fer à souder,...)

— Ensuite, bien que les matériaux soient récupérés, ils proviennent d'une industrie à fort impact environnemental (pollution de l'air, de l'eau, épuisement des ressources minérales, fossiles, etc) et seront ensuite des déchets toxiques et très difficilement traitables.

— Enfin, le numérique peut intrinsèquement être une barrière à la convivialité car il crée, de fait, une catégorie de *sachants* et de *non-sachants*. Si cela peut être évoqué pour n'importe quelle technologie, la technologie du numérique semble être particulièrement dur à diffuser et horizontaliser.

11.3 Expérience utilisateur (UX)

11.3.1 Importance de l'utilisateur

"Tant qu'il ne se présente pas d'acteurs pour incarner les rôles prévus par le concepteur (ou en inventer d'autres), son projet reste à l'état de chimère : seule la confrontation réalise ou irréalise l'objet technique. Si ce sont les objets techniques qui nous intéressent et non les chimères, nous ne pouvons méthodologiquement nous contenter du seul point de vue du concepteur ou de celui de l'utilisateur : il nous faut sans arrêt effectuer l'aller-retour (...)." disait Madeleine Akrich [16]. La prise en compte de l'avis de l'utilisateur est donc primordiale dans le processus de création. En effet, dans notre démarche low-tech où l'on souhaite partir du besoin pour innover, il faudra nécessairement aller parler aux utilisateurs pour leur demander s'ils voient un réel intérêt à notre produit, s'ils arrivent à se projeter dans son utilisation, s'il y a des choses qu'ils auraient voulu avoir qui n'est pas proposé par le produit, s'il y a des usages qui leur paraissent superflus, etc. Dans la plupart des cas, confronter l'utilisateur à son produit permettra d'identifier les freins à l'utilisation, et permettra donc de repenser certaines fonctionnalités de celui-ci pour qu'il s'adapte le mieux au besoin de l'utilisateur.

11.3.2 Méthode d'interview

Pour récolter des avis sur notre système Dominik, nous avons décidé de réaliser des interviews auprès d'utilisateurs potentiels de ce projet. Pour ce faire, nous avons décidé de rédiger un script de présentation de notre système (voir en annexe P), appuyé d'un diaporama pour permettre aux utilisateurs de le comprendre.

Une fois le projet présenté, quatre questions étaient posées à l'interviewé.e :

1. Quelles sont tes réactions suite à cette présentation ?
2. Qu'as-tu aimé dans ce projet ?
3. Qu'est-ce qui te déplaît dans ce projet ?
4. Y a-t-il des choses qui pourraient être améliorées ?

Après chaque question, nous laissons l'interviewé.e parler, jusqu'à ce qu'il ne parle plus pendant 8 secondes. Cela permet de s'assurer qu'iel a bien exposé tout ce qu'iel lui passait par la tête.

Le choix d'une présentation très cadrée a été réalisé dans le but d'avoir une présentation travaillée en amont et la plus neutre possible, pour que chaque interviewé.e ait la même présentation et que les résultats des interviews ne dépendent pas de la manière dont les différents intervieweur.euse.s auraient pu présenter le système.

Les interviews ont été enregistrées pour pouvoir rapporter les verbatims importants dans un tableau avec des catégories d'éléments d'analyse déjà établis. Trois catégories de verbatim avaient été prédéfinies, et deux ont été rajoutées à la suite des interviews. En ce sens, l'analyse était semi-ouverte.

11.3.3 Personnes interviewées

Dans le cadre de ces interviews, nous avons décidé d'interviewer des personnes complètement déconnectées du projet, avec des profils assez différents, et un intérêt neutre pour les thématiques du numérique, ainsi qu'une connaissance très basique dans ce domaine.

Le choix de ce public nous semblait pertinent. En effet, nous axons une grande partie de ce projet sur l'appropriation par tout un chacun. Nous désirons que la documentation et la sensibilisation apportée permettent même à une personne ayant une connaissance limitée dans le domaine du numérique de pouvoir réaliser et prendre en main le système. Il fallait donc voir si ces personnes qui de prime abord ne touchent pas au monde du numérique trouverait un intérêt dans notre système, et se pouvait se projeter dans son utilisation.

Nous avons réalisé en tout 9 interviews.

11.3.4 Résultats

Les résultats de ces interviews ont été rapportées dans le document "Retour des interviews utilisateur" en annexe M. Voici les conclusions que l'on a pu en tirer :

Points positifs Les utilisateurs ont très souvent dégagé des points positifs du système qu'il leur était présenté. Les grands thèmes positifs qui sont revenus sont les suivants :

- La main mise sur les données (stockage, transfert, etc) : ce qui plaît, c'est de maîtriser.
- L'aspect mobile de Dominik, et le fait que ce soit petit et discret.
- L'utilisation d'énergie renouvelable.
- La sobriété numérique que cela implique.
- L'aspect débrouille et survivaliste.
- L'échelle collective d'utilisation du système.
- Certaines applications qui ne concerne pas l'utilisateur mais où celui-ci voit un réel potentiel : le cas du Liban, de la Syrie, de l'Ukraine,...

Incompréhensions Du fait de la complexité de notre projet et de la volonté de notre part d'entrer dans le détail du système, ces interviews ont très souvent été marquées par certains points d'incompréhension générale de l'utilisation de Dominik par les utilisateurs. Les points d'incompréhension qui sont revenus relataient de :

- l'utilisation générale du système.
- l'accessibilité au smartphone. Les interviewés se demandaient comment ils allaient pouvoir y accéder, ou brancher leur propre smartphone.
- la structure physique d'internet et de l'importance de son démantèlement. Bien que cela ne soit pas lié à l'utilisation concrète du système, Dominik repose sur des principes de sobriété et d'imaginaires collectifs qui visent à la sortie du monde tout-numérique. Les interviewés ne se projetaient pas toujours dans cet imaginaire et mettaient en avant leurs difficultés à garder leurs usages actuels du numérique avec notre système.

Freins Certains freins à l'utilisation du système ont souvent été soulevés. Ceux qui revenaient souvent étaient :

- La difficulté de mise en oeuvre et de réparation du système, surtout sur la partie numérique.
- La crainte de problème de connexion, de lag, et de faible débit internet.
- Les capacités à trouver les composants pour créer une Dominik.

— Un certain scepticisme sur la capacité du téléphone à être tout le temps branché.
— Difficulté à se projeter dans une utilisation dans notre monde actuel. Les termes volontairement employés de démantèlement ont parfois braqué les utilisateurs.
— La sécurité du système.
— La peur d'un refus des jeunes hyper-connectés et des personnes âgées déjà à l'écart de ces problématiques liées au numérique.

Points d'amélioration Enfin, certains points d'amélioration ont été soulevés, avec parfois des suggestions apportées :

— Il serait pertinent d'imprimer nos tutoriels pour qu'ils soient accessibles même sans appareil numérique.
— Il faudrait anticiper les défauts les plus courants pour guider la réparation.
— Cette mesure peut s'accompagner de la création d'un "kit de secours" pour aider à la réparation.
— Augmenter la portée du partage de connexion.
— Améliorer le processus de création pour faciliter la compatibilité entre les différentes Dominik.
— Augmenter l'espace de stockage.
— Mettre l'accent sur l'aspect hors-ligne.

11.3.5 Niveaux d'acceptabilité

Au-delà des thèmes précédents qui relèvent de l'analyse pratique, nous avons voulu dégager une analyse d'acceptabilité un peu plus abstraite. L'acceptabilité se décompose en 4 niveaux :

1. Cognition : compréhension, association pour connaître les produits-services-solutions, premières réactions...
2. Corps : simplicité d'utilisation (projection/pas réelle), changement des pratiques et habitudes existantes, problèmes résolus, projection dans une utilisation future, émotions...
3. Social : adéquation à l'identité et aux valeurs, image de soi avec le produit-service-solution, image que les autres auront de moi...
4. Environnement : adéquation aux tendances actuelles, à l'environnement professionnel ou familial...

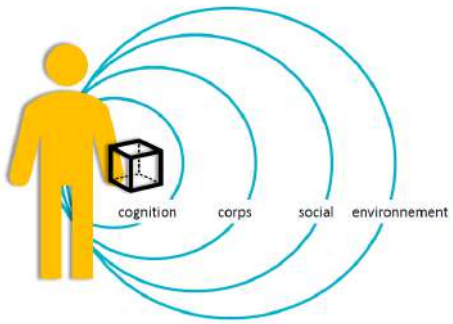


FIGURE 17 – Les différents niveaux d'acceptabilité

Ces niveaux caractérisent donc la façon dont l'utilisateur se projette dans l'utilisation du produit, et éventuellement les freins qu'il peut avoir.

Pour notre cas, nous avons vu un phénomène assez peu fréquent lors de l'exposition d'un produit. Nous avons remarqué que malgré quelques bonnes remarques des utilisateurs, ceux-ci avaient souvent une faible acceptation sur les plans cognitifs et corporels. Concrètement, ils avaient du mal à s'imaginer en pratique utiliser Dominik, la construire, la réparer, y stocker ses données, etc.

Cependant, mis à part quelques points de doute, iels avaient globalement une bonne intuition sur la pertinence sociétale et environnementale du projet. Beaucoup de points positifs sur la soutenabilité environnementale et l'intérêt social ont été soulevés.

11.3.6 Actions réalisées

En conclusion, à la suite de ces interviews, nous avons pu décider d'appliquer certaines améliorations pour le système Dominik :

1. Nous allons d'abord imprimer les tutoriels de réalisation pour les fournir avec le système.
2. Nous allons créer un espace Questions/Réponses sur le site du Low-tech Lab pour gérer les problèmes de casse et de bug.
3. Nous allons faire des recherches pour améliorer la portée de notre réseau local.
4. Nous allons adopter une approche plus vulgarisée pour que notre projet soit mieux compris.

11.4 Analyse de cycle de vie (ACV)

Lors du projet, nous nous sommes intéressés à l'impact que pouvait avoir le système « Dominik » par rapport à des pratiques numériques plus conventionnelles. Nous avons donc réalisé une ACV en suivant la norme ISO 14040 :2006. Nous avons travaillé sur la fonction d'hébergement de site internet de notre système, et les pratiques d'écoconception de site internet que nous proposons. Pour cela, nous avons comparé l'impact environnemental de ce type d'hébergement par rapport à un hébergement de site conventionnel dans un data center. L'ACV du data center a été tirée entièrement d'un article datant de 2015 [17]. Concernant notre système, nous voulions réaliser l'inventaire des composants et avons intention d'allouer les impacts en nous basant sur les bases de données du logiciel "Simapro". Cependant, un problème d'accès à ces bases de données nous a empêché de réaliser le calcul de l'ACV. Nous avons donc fait des suppositions et avons composé avec une autre base de données "Idematapp 2020, Data on Eco-costs 2017 V1.6, version 2-08-2019 for academic year 2019/2020" de Joost Vogtländer sous licence CC-BY.

Vous pourrez retrouver l'ACV complète en annexe de ce rapport. Nous détaillerons ci-dessous quelques éléments de la démarche d'ACV

11.4.1 Champs de l'étude

Objectif L'objectif de cette étude est de :

1. Comparer la solution d'hébergement que nous avons développé par rapport à un data center sur le plan environnemental
2. Quantifier les bénéfices d'un site web éco conçu par rapport à un site web classique
3. Comparer les différences d'impact entre le type d'hébergement et le type de conception web

Scénarios Pour cette ACV, nous allons comparer trois scénarios différents :

1. Cas d'un de l'hébergement d'un site web « classique », c'est-à-dire conçu selon les tendances de conceptions actuelles, et ce dans un gros data center (de l'ordre de l'exaoctet de stockage)
2. Cas d'un de l'hébergement d'un site web « low-tech », c'est-à-dire conçu selon des principes d'éco-conception, et ce dans un gros data center (de l'ordre de l'exaoctet de stockage)
3. Cas d'un de l'hébergement d'un site web « low-tech », c'est-à-dire conçu selon des principes d'éco-conception, et ce sur notre prototype Dominik.

L'objectif 1 sera atteint en comparant les scénarii 2 et 3. L'objectif 2 sera atteint en comparant les scénarii 1 et 2. L'objectif 3 sera atteint en comparant les résultats d'analyse de l'objectif 1 et 2.

Unité fonctionnelle L'unité fonctionnelle qui nous servira de base d'étude pour cette ACV est la suivante :
« Hébergement et mise en ligne d'une page standard d'un site internet pendant 1 an. »
La durée d'un an a été définie de la sorte à cause de l'incertitude de durée de vie sur notre système. L'hébergement et la mise en ligne prend en compte le stockage mais aussi le transfert des données de cette page pour la consultation en ligne.

Méthodologie générale Cette ACV a été réalisée en suivant la méthodologie de la norme ISO 14040 :2006. Certains points méthodologiques particuliers sont listés ci-dessous.

- L'ACV pour les scénarii 2 et 3 ont été réalisés dans une étude sur laquelle nous nous basons exclusivement : « The life cycle assessment of a UK data centre » par Beth Whitehead & Deborah Andrews & Amip Shah, 2015[17]. Cette étude avait cependant pour unité fonctionnelle « provision of 1 kW of IT per year in a Tier III facility » (« fourniture d'1 kW pour l'électronique par an dans une installation Tier III »). Nous avons voulu convertir cette unité fonctionnelle pour qu'elle convienne à notre cas d'utilisation. Pour cela, nous nous sommes basés sur des données de consommation de data center en fonction de leur capacité de stockage. Nous trouvons qu'un data center consomme environ 65 MW pour le stockage de 10 exaoctets de données [18][19]. On a donc un stockage qui consomme $6,5 \times 10^{-12}$ kW par octet. On multipliera donc les impacts de cette étude par un facteur $f_1 = 6,5 \times 10^{-12}\times$taille de notre page (en octet).
- Notre prototype Dominik a entièrement été construit en matériaux de récupération. Les impacts liés à l'extraction, la fabrication et la fin de vie seront donc comptés selon leur temps d'utilisation (1 an pour respecter notre unité fonctionnelle) par rapport à leur temps de vie. Concrètement, pour chaque composant, on multipliera ses impacts par un facteur f_2=(1 an)/(durée de vie du composant). Les durées de vie des composants se baseront sur des moyennes.
- Nous considérons que la capacité de stockage de notre smartphone est de 64 Go. Nous avons multiplié à la vie de l'ACV tous les impacts par le facteur
  f_3=(taille de notre page (en octet))/(64×10^9 octets)
- Grâce aux résultats tirés de l'ACV du datacenter, nous obtenons des résultats pour les indicateurs "Human health" ("Santé humaine") en DALY/year et "Resources use, energy" ("Utilisation de ressources et énergie") en MJ. L'unité DALY/year représente la somme des années de vie potentielles perdues en raison d'une mortalité prématurée et des années de vie productives perdues en raison d'incapacité et l'unité MJ représente une énergie. En multipliant les points liés aux indicateurs par le f1 présenté dans la méthodologie générale, nous obtenons les résultats des ces deux indicateurs pour l'hébergement du site standard et celui du site sobre.
- Pour notre dispositif, nous nous sommes appuyés sur notre inventaire pour trouver les différents composants et matériaux dans la base de données à notre disposition. Nous avons divisé le résultat de chaque élément de Dominik par sa durée de vie afin d'obtenir l'ACV pour une année. Les données nous permettent d'avoir des résultats pour le deux indicateurs décrit ci-dessus. Afin d'obtenir un résultat sous forme normalisée, nous avons divisé nos premiers résultats par des facteurs de normalisation que nous avons trouvé dans l'ouvrage "The Eco-indicator 99, A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment" de Marc Goedkoop et Renilde Spriensma [20], avec une normalisation hiérarchique, comme dans l'ACV du datacenter.

Frontières, indicateurs utilisés, revue critique, données d'entrée L'ensemble des éléments du titre de ce paragraphe ne seront pas présentés ici mais pourront être trouvés en annexe N.

11.4.2 Difficultés rencontrées

Lors que ce projet, un certain problème de cyberattaque a touché notre école, qui nous mettait à disposition l'accès aux bases de données et à un logiciel d'ACV de notre dispositif. En raison de cette attaque, il nous a donc été impossible de réaliser l'analyse avec le logiciel Simapro. Cependant, grâce à la base de données "Idematapp 2020, Data on Eco-costs 2017 V1.6, version 2-08-2019 for academic year 2019/2020" de Joost Vogtländer sous licence CC-BY, nous obtenons quelques résultats.

On remarquera que cet événement est particulièrement démonstrateur des enjeux de résilience du numérique et des outils qui y sont reliés que l'on soulève dans notre projet.

11.4.3 Résultats et interprétations

Concernant l'impact de la méthode de conception web (objectif 2), nous pouvons directement quantifier les bénéfices. Grâce à l'outil ecoindex.fr, nous avons pu mesurer les tailles de deux pages identiques, l'une éco-coçu, l'autre pas. Il s'agit des pages : *How to Build a Practical Household Bike Generator* du low-tech magazine, dans sa version classique et sa version ultra-sobre (solar low-tech magazine). On passe d'une page de 9,071 Mo à une page de 0,378 Mo. Les impacts associés à l'hébergement du site sont donc divisés par 24.

Concernant l'impact de l'hébergement entre datacenter et Dominik (objectif 1), l'analyse d'ACV nous montre que notre dispositif est largement moins impactant que le datacenter, de l'ordre de 10^{-19} fois moins impactant. Nos résultats sont disponibles dans les annexes. Ces résultats sont malheureusement très incohérents, et ne sont pas recevables pour une interprétation sérieuse. Malgré notre bonne volonté à vouloir comparer ce qui est comparable, le fait d'utiliser un article qui nous donne directement des résultats pour le datacenter ne nous permet pas une traçabilité exacte de la méthode suivie pour obtenir ces résultats. D'autre part, des approximations ont été faites lors de l'ACV, notamment sur la fin de vie par manque de données. Cet exercice minutieux nous a fait réaliser la difficulté de faire une ACV correct. Nous choisissons de ne pas prendre en compte ces résultats, bien qu'ils soient à l'avantage de notre solution.

Avant de faire l'ACV, nous avions déjà réfléchi aux potentiels résultats que l'on pourrait obtenir en comparant l'hébergement sur un datacenter et sur notre dispositif.

- Concernant le premier objectif cette étude, nous pensons que l'hébergement sur notre système serait plus impactant que sur un data center classique. En effet, ces datas center stockent un nombre de donnés très important, et sont donc hyper optimisés. Leur PUE (L'indicateur d'efficacité énergétique) est très bon (très proche de 1), alors que celui de notre serveur n'est pas optimisé. En revanche, cet écart ne serait sûrement pas de l'ordre d'un facteur de plus de 10. En effet, notre système n'a pas besoin de système de refroidissement, la seule chose qui dissipe de l'énergie est le smartphone est les pertes des composants (mais qu'on retrouve aussi en data center). De plus, tous nos matériaux de construction sont récupérés, ce qui limite beaucoup leur impact ! D'autre part, l'immense capacité de stockage du datacenter pousse à la consommation et est donc directement liée aux effets rebond, tandis que la capacité de stockage limité de notre Dominik appelle à la sobriété.
- L'écoconception du site permet de diviser par 24 son volume de stockage et donc son impact. Cela répond à l'objectif 2.
- En réponse à l'objectif 3, on pourra donc statuer que le changement d'hébergement vers notre système induit une multiplication par un facteur de moins de 10 des impacts, mais que l'écoconception permet la réduction par un facteur 24.

Pour résumer le classement serait donc ceux de la figure 18.

La solution data center reste donc la plus efficace. Dans notre projet, on peut en conclure que c'est l'aspect sensibilisation qui primera. Il faut donc dès à présent apprendre à changer l'usage qu'on a du numérique : le but n'est pas forcément de faire mieux, car cela induit toujours des effets rebond. Le but aujourd'hui est de trouver comment faire moins !

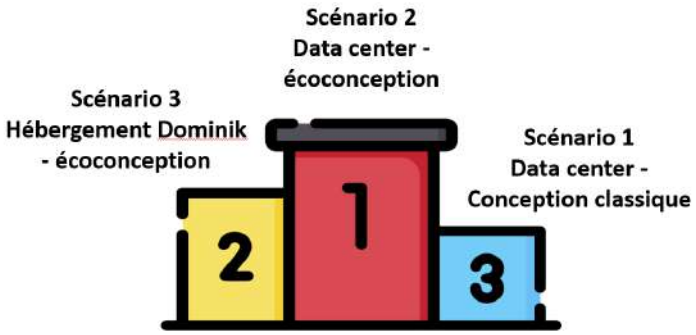


FIGURE 18 – Résultats espérés de l'ACV

Notre système ne sera donc utile que lorsque l'approvisionnement énergétique ne sera pas garanti de façon fiable, ou que le contrôle des données des datacenters deviendra trop critique, ou de façon plus générale, quand il faudra se réapproprier le numérique pour pouvoir toujours bénéficier de ses atouts, sans basculer dans la surconsommation qu'il prône aujourd'hui.

11.5 Analyse de risques

Dans tout projet, il existe des risques qu'il est important d'identifier. Par soucis de traçabilité, d'explications et de justifications dans nos choix par rapport aux risques identifiés, nous avons effectué une analyse de risque. Notre analyse s'appuie sur trois méthodes d'analyse de risque abordées lors du cours de Christophe Bérenger : l'Analyse des Modes de Défaillance, de leur Effets et de leur Criticité (AMDEC), l'arbre de défaillance et le modèle diagramme nœud papillon.

Ces trois méthodes nous ont permis de mettre en lumière les risques liés à notre projet, notamment la défaillance d'un composant de notre système, la perte totale des données, le piratage. Ainsi que des solutions à mettre en place pour éviter ou gérer ces risques : un afficheur de charge de batterie, sauvegardes régulières, éviter les données sensibles sur le serveur.

11.5.1 AMDEC

La méthode d'Analyse des Modes de Défaillance, de leur Effets et de leur Criticité (AMDEC) permet d'étudier le système composant par composant en identifiant leurs modes de défaillance. Comme notre dispositif peut se décomposer en plusieurs composants, nous avons facilement pu appliquer cette méthode. (Voir tableau de résultat en annexe)

Nous avons décomposé notre Dominik en 6 composants : Le panneau solaire, le contrôleur de charge, la batterie, le smartphone, les fils de connexion et le caisson. Pour chaque composant, nous avons défini leur fonction, leurs modes de fonctionnement, leurs modes de défaillance, les causes de la défaillance, la manière de détecter la défaillance, conséquences sur le composant et sur le système. Enfin, nous notons de 0 à 5 la vraisemblance de la défaillance

Au final, la méthode AMDEC n'a pas été très enrichissante pour notre projet car elle mettait en lumière principalement les potentiels endommagements des composants et leurs conséquences mais ne nous a pas tellement aidé à trouver des solutions. Nous trouvons dans le tableau de résultat beaucoup de répétitions. Le mode de défaillance qui revenait souvent était lorsque qu'il n'y avait pas assez de soleil et que le système s'arrête par manque d'énergie car cela impacte tous les composants. Nous savons que cela va arriver et nous avons accepté le fait que parfois, les données ne seront pas accessibles autrement qu'en « physique » et qu'il faudra rallumer le téléphone par la suite. Nous avons aussi considéré les éventuels vols ou piratages mais avons jugé que la probabilité que ces évènements arrivent est plutôt faible. Cependant, nous développerons ces risques dans les prochaines méthodes.

Cette méthode nous a quand même montré que la batterie était un élément important du système et qu'avoir une idée de son état de charge pouvait être une bonne idée. C'est après avoir effectué cet exercice que nous avons pris la décision de mettre un afficheur de l'état de charge de la

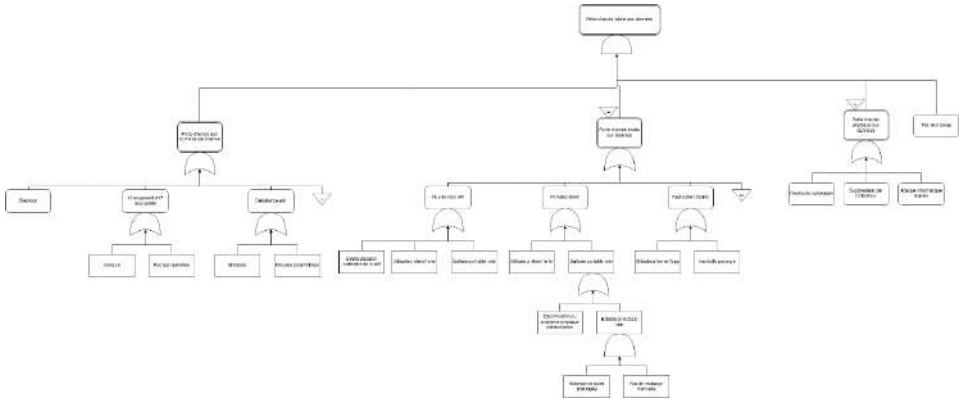


FIGURE 19 – Arbre de défaillance de l'évènement « Perte totale des données »

batterie dans notre système.

11.5.2 Arbre de défaillance

Un arbre de défaillance est une méthode d'analyse des risques dite causale. Cette méthode décompose un évènement compliqué en des causes plus simples afin de déterminer la probabilité de l'évènement compliqué en utilisant des booléens.

Pour mettre en œuvre cette méthode, nous choisissons un « TOP EVENT », dans notre cas nous avons choisi la défaillance de l'objectif principal de notre système, à savoir : « La perte totale des données ».

Cet évènement a lieu lorsque quatre autres sous-évènements ont lieu au préalable : la perte des données par Internet, la perte des données en locale, la perte d'accès physique aux données et l'absence de sauvegarde. Nous avons directement pu mettre à l'écart l'évènement « perte de données par Internet » car la plupart du temps, ce n'est pas de notre ressort (plutôt celui de l'opérateur ou d'un problème à l'échelle national/mondial) à moins d'une erreur de manipulation lors de la configuration de la box Wifi par l'utilisateur. Seulement dans ce cas-là, on peut se dire qu'il faudra que notre tutoriel soit bien clair pour tout le monde. Cet évènement renvoie à la perte des données en local. Cet évènement a lieu lorsque l'appareil hébergeant le serveur est défectueux ou éteint et que son partage de connexion ne fonctionne plus. Cela peut se produire notamment lorsque le téléphone n'a plus de batterie, ce qui va forcément arriver et donc ne constitue pas un réel problème. Le cas problématique est un dysfonctionnement ou une destruction physique du partage de connexion ou du support du serveur, dans ce cas, une réparation (si c'est possible) ou un changement du matériel est nécessaire. Cet évènement nous renvoie à la perte d'accès physique des données qui peut être due encore une fois à un dysfonctionnement ou une destruction du smartphone, ou à la suppression des données involontaire de l'utilisateur (ce qui renvoie à la clarté de nos tutoriels) ou encore à une cyberattaque réussie. Nous avons fait le choix de ne pas développer le volet cybersécurité, la seule façon d'éviter cela est de mettre en garde les utilisateurs sur le stockage de données sensibles pour lequel notre dispositif n'est pas adapté. Le dernier sous-évènement est l'absence de sauvegarde des données. Pour pallier à cela, nous devons penser à prévenir l'utilisateur de régulièrement faire des sauvegardes de ses données. L'automatisation de la sauvegarde peut aussi être une solution mais nous préférons ne pas rajouter de la complexité au projet sur ce volet-là.

Une fois notre arbre de défaillance terminé, il faut faire en sorte que le TOP EVENT n'arrive pas. Pour cela, nous utilisons les booléens de la manière suivante :

L'objectif étant d'avoir un résultat nul en remontant les différentes branches, nous remarquons rapidement que nous pouvons régler le problème en s'assurant qu'un backup soit fait à chaque changement des données stockées.

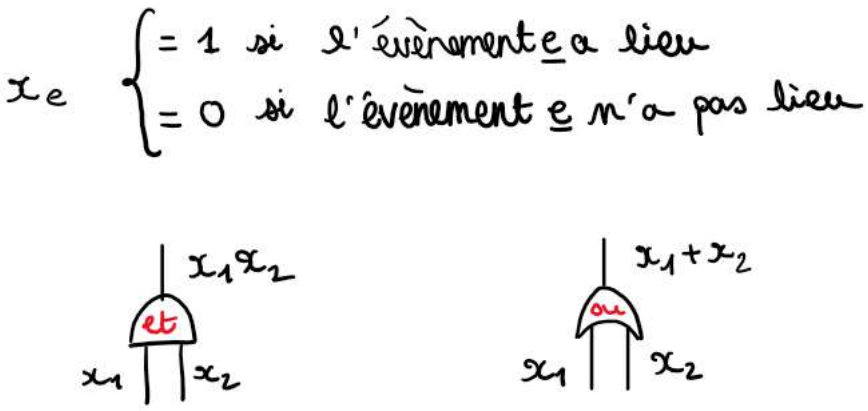


FIGURE 20 – Méthode calcul booléen

11.5.3 Diagramme nœud papillon

Cette méthode d'analyse de risques combine un arbre de défaillance (partie gauche du schéma de la figure 21) présenté dans la partie précédente et un arbre d'évènement (partie droite du schéma de la même figure) qui permet d'identifier l'ensemble des conséquences suite à un évènement initiateur, les barrières mises en œuvre et leur probabilité qu'elles marchent.

FIGURE 21 – Schéma explicatif du diagramme nœud papillon

Nous avons identifié six évènements dangereux pour lesquels nous avons développé un diagramme nœud papillon :

1. Destruction physique du smartphone
2. Non alimentation du smartphone
3. OS/Software défaillant
4. Attaque informatique par Internet
5. Suppression des données par l'utilisateur
6. Plus d'accès Internet

(Voir les diagrammes en annexe O)

Les diagrammes 1 et 2 ne nous apportent rien de plus que la méthode AMDEC car ils traitent de la destruction du smartphone ou du manque d'alimentation.

Le diagramme 3 aborde un sujet que nous n'avons pas encore abordé : le système d'exploitation (Operating System (OS)). C'est un ensemble de logiciels permettant l'utilisation d'un appareil électronique. Les smartphones sont les appareils électroniques les plus enclins à rencontrer ce problème. Cet évènement sera très compliqué à résoudre s'il arrive car la réparation ou le changement d'OS sur un téléphone demande des compétences en programmation qui ne sont pas données à tout le monde et difficile à expliquer, le plus simple sera de changer de serveur. De plus, ça dépendre également du modèle du téléphone utilisé car parfois le problème est tout simplement de l'incompatibilité car l'appareil est trop vieux (obsolescence). Pour prévenir cet évènement dangereux, il faudra être vigilant sur le modèle d'appareil utilisé, le réinitialiser et éviter au maximum les mises à jour.

Cet évènement représente un risque important car nous n'avons pas réellement de solution fiable à 100% en barrière réactive, si ce n'est de reprogrammer un autre appareil pour faire office de serveur.

Le diagramme 4 fait écho à l'arbre de défaillance. Nous revenons sur le volet cybersécurité qui n'a pas été développé dans notre projet. Néanmoins, il est possible de mettre un mot de passe pour pouvoir modifier les données à distance via une connexion SSH, ou alors carrément ne pas autoriser de connexion. Bien que légère, la sécurité n'est pas inexistante, cependant, nous déconseillerons vivement à nos utilisateurs de ne pas stocker de données sensibles sur leur serveur. Si jamais le serveur se fait pirater, le plus efficace est de mettre hors ligne l'appareil et de récupérer les données au plus vite, ainsi que bloquer l'adresse IP.

Le diagramme 5 remet une couche sur l'importance de la clarté des tutoriels pour éviter toutes erreurs de manipulation et également des sauvegardes régulières des données.

Enfin, le diagramme 6 gère l'évènement dangereux « plus d'accès à Internet ». En barrières proactives, il est possible de faire un site miroir hébergé sur un serveur qui a accès à une différente source d'Internet, ou de changer d'abonnement Internet si les censures et les défaillances sont récurrentes. Encore une fois, de la clarté dans les tutoriels est nécessaire pour un bon paramétrage du wifi. L'utilisateur aura toujours accès à ses données en local en absence d'Internet.

11.5.4 Synthèse

A travers ces différentes méthodes d'analyse des risques, nous avons mis en lumière des évènements dangereux auxquels nous n'avions pas pensé au début du projet et trouvé des solutions pour les atténuer, les éviter ou bien accepter qu'ils puissent arriver. La première méthode a souligné l'importance d'avoir une idée de l'état de charge de la batterie qui est un élément central du système. La seconde méthode nous a permis de comprendre que des sauvegardes régulières est une manipulation cruciale pour sauver ses données, que notre système reste très peu sécurisé et que des données sensibles ne devraient pas y être stockées et enfin que la clarté des tutoriels est capitale pour éviter de nombreux problèmes. Enfin, la dernière méthode a confirmé les résultats de la seconde et nous a apporté un nouvel élément de réflexion autour du système d'exploitation de l'appareil électronique qui s'avère être un problème complexe à gérer.

12 Diffusion

Un projet qui traite des sujets de l'impact du numérique, qui remet totalement en cause la place qu'il prend dans notre société, et propose même des pistes pour envisager son démantèlement, doit forcément s'accompagner de la diffusion de son message. En effet, une des peurs ressortie par les membres du projet est que ce projet reste une niche, et que la connaissance produite se restreigne seulement aux personnes spécialisées dans la fermeture du numérique.

Nous avons donc axé une grande partie de notre travail sur la sensibilisation à ces questions et la diffusion du savoir produit selon les modes de diffusion suivants :

- La diffusion d'une série de tutoriels sur notre site internet.
- La diffusion d'un tutoriel complet de création d'une Dominik sur le Wiki du Low-Tech Lab.
- La diffusion sur notre site internet de ressources clés pour comprendre les enjeux actuels du numérique.
- Une semaine de sensibilisation mettant en jeu des ateliers participatifs et une exposition dans le hall de notre école

12.1 Sensibilisation

Le projet *Numérique Low-tech* a la particularité de ne pas avoir reçu un cahier des charges précis. Nous avions la possibilité d'explorer plein de solutions différentes pour tenter de répondre à la question de faire un numérique plus durable. Après une première phase de documentation nous avons constaté que nous étions très peu informés et au courant du fonctionnement du numérique, d'Internet et ainsi de l'impact écologique de ces secteurs. Nous avons donc supposé que la plupart des étudiant.es de notre école n'avaient pas conscience non plus de l'aspect matériel du numérique. Nous venions de passer un grand nombre d'heures à nous documenter sur le sujet mais nous ne pouvions pas attendre cet intérêt de personnes en dehors du projet. Néanmoins, comme dit auparavant, l'impact écologique et humain du numérique est colossal. Nous voulions informer le plus de personnes possible des conséquences qu'un usage déraisonné génère. L'importance de transmettre les informations collectées est devenu primordial.

Tout d'abord, le travail de documentation et de synthèse est très chronophage donc nous souhaitions proposer des résumés et des références classées par thématiques sur notre site internet. Dans un second temps, nous savions que pour que les gens aillent chercher de l'information il fallait qu'ils soient déjà intéressés. Ainsi pour ça nous avons pensé à faire de la sensibilisation sur la thématique.

La sensibilisation désigne l'action qui consiste à déclencher une réaction suite à l'exposition à une substance ou tout autre stimulus. La sensibilisation ne se produit qu'après une exposition répétée.

Nous avons donc construit un projet de sensibilisation sur une semaine pour les étudiant.es de l'ENSE3. Cette semaine était composée d'une exposition dans l'Agora - stimulus répété - ainsi que de deux ateliers pédagogiques afin d'approfondir certains sujets mais surtout de proposer des activités pratiques concrètes pour agir. Nous pouvions ensuite renvoyer les étudiant.es intéressés sur notre site ressources.

12.1.1 Ressources de sensibilisation du site

Un des objectifs du projet était donc de fournir un *squelette* de ressources permettant de découvrir, comprendre et approfondir le sujet du numérique à la lumière des limites planétaires. Nous avons donc décidé de découper le problème en multiples parties et de trouver entre 1 et 3 ressources pertinentes par parties et d'en extraire quelques phrases significatives afin qu'une personne puisse lire la page et en ressortir avec des informations puis décider de suivre les ressources présentées pour approfondir les différentes parties.

Le plan des ressources proposé est référencé en annexe P. Il se base sur trois grands thèmes :

1. C'est quoi le numérique ?

— La définition
— Les infrastructures matérielles du numérique

2. Les impacts du numérique
— Vue d'ensemble des impacts
— Sur les matériaux,
— Sur la consommation d'énergie
— Émissions de gaz à effet de serre, ACV
— Problèmes éthiques
— Addiction et bien-être
— Les Déchet d'Équipement Électrique et Électronique
— Analyse techno-critique

3. Vers un numérique responsable et soutenable
— Réduire notre consommation de numérique
— Se réapproprier le numérique
— Repenser le numérique

12.1.2 Semaine de sensibilisation

Au-delà de la bibliographie disponible sur le site nous voulions sensibiliser le plus de monde possible et notamment les personnes qui ne feraient pas la démarche de se rendre sur notre site internet. Ainsi, nous avons pensé réaliser une semaine de sensibilisation dans notre école. Cette semaine se composait de divers modules pour répondre aux objectifs déterminés ci-dessous :

— Rendre visible l'impact du numérique et le comprendre
— Avoir une vision globale de la pollution engendrée
— Comprendre la nécessité de repenser son rapport au numérique notamment avec la privatisation des données
— Avoir des solutions claires et faciles à mettre en place

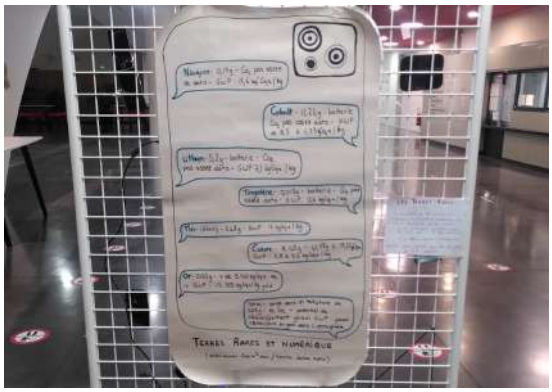
Pour répondre aux deux premiers objectifs nous avons pensé à réaliser une exposition dans l'Agora. Dans une démarche low-tech nous avions pour ambition de créer une exposition réutilisable et interactive et dont les modules seraient réalisés à partir de matériaux de récupération. Voici les 5 animations que nous avions envisagées :

Animation	Idée initiale	Réalisation finale
Terres rares	Pesée d'un téléphone et avoir les pourcentages de terres rares/métaux qu'il contient	Affiche d'information
Impact résolution vidéos	Ballons de taille différente pour réaliser la différence de stockage en fonction de la résolution de la vidéo	Crevaison donc difficulté à mettre en place
Maquette explicative réseau	Maquette en carton	Maquette en carton
Comparer l'impact d'une lecture sur papier ou en ligne	Livre avec son bilan carbone associé + graphe avec point d'équilibre	Idem

Les animations sont restées toutes la semaine dans l'Agora. Chaque animation était accompagnée d'un cartel, c'est-à-dire d'un texte explicatif, afin d'apporter des précisions, des données ainsi que les sources dont sont extraits les chiffres.

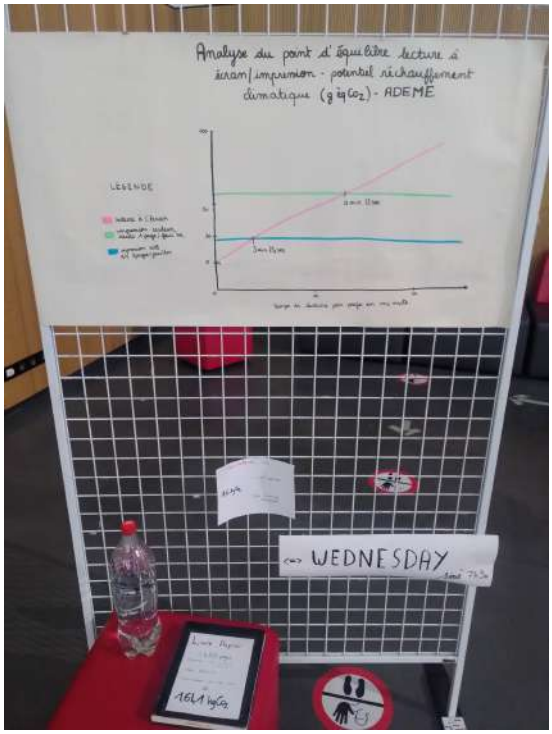
12.1.3 Ateliers pédagogiques à l'ENSE3

En complément à cette exposition nous avons voulu proposer des manières d'agir directement afin de proposer une forme d'action par la pratique. Nous avons développé deux ateliers de 1



(a)

(b)



(c)

(d)

FIGURE 22 – Photos des expositions de la semaine de sensibilisation

heure chacun. Leurs déroulés étaient similaires, tout d'abord une première partie théorique où nous abordions les aspects techniques du numérique et les impacts écologiques puis une seconde partie où les participants passer à une phase de pratique. Pour réaliser ces ateliers nous avions réservé l'amphi Bergès situé au centre de l'Agora. Le choix de la salle était réfléchi. En effet, malgré une communication en amont via les réseaux sociaux et un mail envoyé à toustes les étudiant.es nous voulions que les personnes passant devant la salle se sentent libres de se joindre à nous.

Atelier création de son site de césure low-tech Le but de cet atelier est de sensibiliser les participants à propos de la pollution engendrée lorsque l'on consulte un site internet classique. Par exemple les contenus interactifs, les vidéos en hautes résolutions ou encore les couleurs très claires consomment prennent plus de place de stockage et donc, nécessitent un flux plus important. Nous leur avons ensuite proposé un travail pratique de prise en main des templates disponibles sur notre site, et de mise en ligne de ce site.

	Temps	Descriptif	Objectifs	
1	5min	Présentation de : LowTechNum, l'emploi du temps et plan, objectif de la séance	Poser le cadre	1
2	10 min	Partie théorique : qu'est ce qu'un site internet, un serveur, fonctionnement (analogie bibliothèque, livres)	**Obj1**	1
3	5 min	Explications succinctes de HTML et CSS et tableau comparatif impact écologique	**Obj3 :** Découvrir le template, expliquer le fonctionnement	1
4	15 min	Réalisation du site en autonomie, les LTN passent dans les groupes si besoin de questions	**Obj2 + Obj3 :** Compréhension du fonctionnement du template, prise en main	0
5	15 min	Point intermédiaire : continu en autonomie avec ajout	**Obj2 :** Avancer sur la réalisation du site	0
6	10 min	Conclusion : présentation rapide du site internet, montrer les sections sur lesquelles les tutoriels et ressources sont disponibles	**Obj1 :** Clôturer le cours + présenter le site internet	1
7	+ min	Temps d'échange : questions éventuelles à poser en fin de séance	Libérer les élèves et permettre un temps de discussion + privilégié	0

FIGURE 23 – Déroulé de l'atelier : Création d'un site de césure

Atelier Protection de ses données Cet atelier avait pour objectif d'initier les participants à la protection de leurs données, notamment vis-à-vis des GAFAM. Ainsi, les participants ont pu découvrir quelles données personnelles étaient recueillis et comment les supprimer.

Les supports de présentation de ces ateliers se trouvent en annexe Q.

12.1.4 Atelier au Low-tech Lab de Grenoble

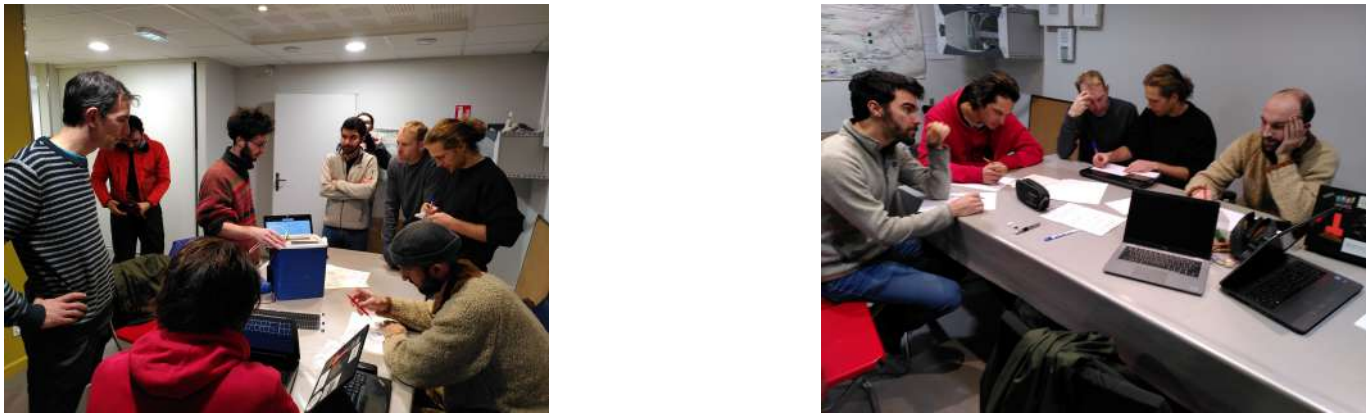
Dans le but de faciliter la transmission de nos recherches sur le sujet du numérique low-tech, nous avons organisé un atelier au Low-Tech Lab de Grenoble. 8 membres actifs du LTLG y ont participé.

Nous avions préparé 5 petites animations :

1. Un atelier de contextualisation sur les impacts du numérique
2. Un atelier d'explication du fonctionnement du Dominik
3. Un atelier autour des imaginaires liés au numérique low-tech
4. Un atelier autour des imaginaires liés à Dominik
5. Un atelier plus pratique d'hébergement de site sur un smartphone

	Temps	Descriptif	Objectifs	
1	5min	Présentation de : LowTechNum, l'emploi du temps et plan, objectif de la séance	Poser le cadre	1
2	20 min	Partie théorique : résumé du Chapitre 5 du livre de Vincent Courboulay Vers un numérique responsable		1
3	15 min	Présentation du logiciel TOR		1
4	15 min	Effacer ces données Google		0
5	10 min	Conclusion : présentation rapide du site internet, montrer les sections sur lesquelles les tutoriels et ressources sont disponibles		1
6	+ min	Temps d'échange : questions éventuelles à poser en fin de séance	Libérer les élèves et seuls ceux intéresser restent	0

FIGURE 24 – Déroulé de l'atelier : Protection de ses données



(a) (b)

FIGURE 25 – Photos de l'atelier au LTLG

Nous savions que nous n'aurions le temps de faire uniquement 3 ateliers, c'est la raison pour laquelle nous leur avons demandé d'en éliminer deux : les ateliers pratiques et de contextualisation ont été écartés.

Passation de Dominik Le but de cet atelier était d'expliquer le fonctionnement, la construction et les limites de notre prototype. Les participants ont été très réceptifs, et ont posé beaucoup de questions pour une meilleure compréhension. Ils nous ont aussi fait parvenir des usages pour l'association qui peut être pertinent pour eux, notamment le stockage en local de fichier sur un NAS.

Récit du futur Nous avons proposé aux participants d'écrire un récit du futur. Nous avons donc imaginé une situation en 2033, qui est l'année d'énonciation du récit. Les participants ont chacun raconté un bout de l'histoire de Dominik (à la première personne), depuis son arrivée en 2023 jusqu'à cette situation finale en 2023. Pour guider le récit, nous imposions collectivement un évènement important tous les 2 ans. Le récit se trouve en annexe R.

Récits de low-num Nous avons fini par leur lire les récits de Lownum (voir partie **??**). Nous avons débattu sur les imaginaires développés et les enjeux du numérique plus low-tech.

12.2 Science ouverte

La science ouverte est à la fois « un mouvement visant à rendre la recherche, les données et la diffusion scientifique accessible à tous les niveaux d'une société qui s'interroge » et « un savoir transparent et accessible, partagé et développé via des réseaux collaboratifs » [21]. Elle répond notamment à une exigence de processus ouvert, qui lui englobe : l'open data (la mise à disposition des données qui ont servi au processus scientifique) ; l'open source (la mise à disposition des codes sources des logiciels, des protocoles d'expérience, des techniques qui ont servi au processus scientifique) ; l'open access (la mise à disposition libre des résultats). Selon l'Open Knowledge Foundation, un contenu ouvert peut être librement utilisé, modifié et diffusé pour tout usage. Ce concept s'oppose par exemple à l'omniprésence des grandes revues scientifiques privées telles que Elsevier, qui développent des stratégies de privatisation de l'édition scientifique. Deux outils servent efficacement cette cause :

1. Les licences proposées par l'association Creative Common en 2002 (CC) permettent aux créateurs de bénéficier de protection juridique pour la diffusion libre de leur contenu.
2. La documentation appropriable qui consiste à documenter toutes les étapes d'un processus de création, et de les diffuser de façon claire et exhaustive.

12.2.1 Importance pour notre projet

La documentation a été une composante importante de notre projet et un enjeu que l'on a constamment essayé de garder à l'esprit.

Effectivement, un des principaux objectifs du projet était de développer Dominik comme un outil que l'on peut qualifier de *convivial*, au sens où l'exprime Ivan Illich dans *La convivialité* [13]. Pour Illich, un outil convivial respecte 3 conditions :

— il doit être générateur d'efficience sans dégrader l'autonomie personnelle
— il ne doit susciter ni esclave ni maître
— il doit élargir le rayon d'action personnelle.

On peut rajouter à cette définition une quatrième condition qui est que l'outil vise à réduire autant que possible son impact environnemental. Cette dernière condition permet d'en faire pleinement un outil low-tech.

La création d'une documentation appropriable par tous.tes engage Dominik dans cette notion d'outil convivial. La documentation permet en effet de favoriser l'autonomie de ses utilisateurs face au système, et empêche l'introduction d'un rapport esclave-maître entre un potentiel fournisseur de la technologie et un utilisateur aveugle. La documentation ouverte permet à celui qui veut se servir de notre produit de le construire, le réparer, l'améliorer, le modifier, et ce sans dégrader les performances du système. Cela favorise son autonomie vis-à-vis du numérique, élargi son rayon d'action par les fonctionnalités que Dominik propose, et empêche la création d'une dépendance à une entité "sachante" quant au fonctionnement du système.

Suite à nos recherches sur les impacts du numérique, et à la création de notre système Dominik, nous avons donc voulu créer une documentation appropriable pour permettre aux grand public de se familiariser sur la question du numérique et sur la construction d'une Dominik. Notre plan d'action pour partager la connaissance produite autour de notre projet est celui de la figure 26. Cette documentation est disponible sur notre site internet (lowtechnumerique.mooo.com) via des articles de sensibilisation et des tutoriels de réalisation, et aussi sur le site wiki.lowtechlab.org avec notre tutoriel « Dominik - serveur modulable autoalimenté en réemploi » (voir un extrait en annexe S).

12.2.2 Licences

Nous avons choisi pour ces tutoriels et articles de les protéger par la licence CC-BY-SA : CC étant la licence Creative Common [22], BY qui indique que l'œuvre peut être librement utilisée, à la condition de l'attribuer à l'auteur en citant son nom, et SA (Share Alike) qui signifie que l'œuvre peut être réutilisée mais en gardant le même type de licence. Nous avons choisi la licence BY pour que

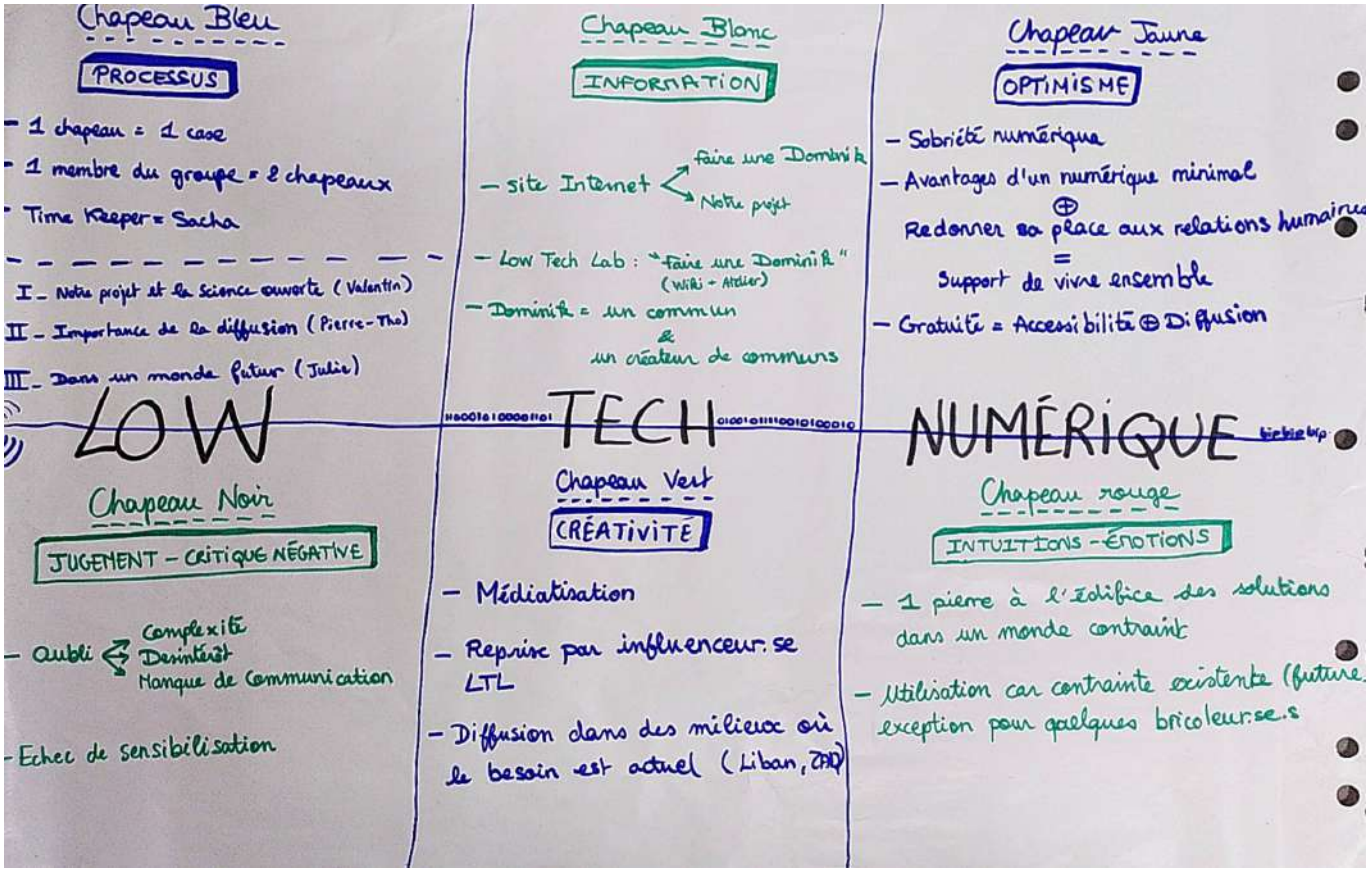


FIGURE 26 – Plan de diffusion du projet

les lecteurs puissent toujours retrouver la source de la connaissance produite, et SA pour favoriser la continuité de l'ouverture de cette documentation dans le processus de sciences ouvertes.

12.2.3 Communs

Enfin, un autre concept clé a pris sa place dans notre projet : les communs. Ils sont définis selon le dictionnaire des biens communs comme étant :

— a) une ressource partagée,
— b) gérée par une communauté,
— c) qui se donne des règles de gouvernance pour protéger et perpétuer cette ressource.

Si cette notion a été développée par Elinor Ostrom en premier lieu comme étant une ressource profitable à la communauté *Common Pool Resources*[23] puis étendue à la connaissance et au numérique, Alexandre Monnin a élargi cette théorie classique dans *Héritage et Fermeture* [10]. Les communs peuvent aussi être « négatifs ». En effet, selon lui, le monde capitaliste aurait d'abord privatisé de nombreux communs, nous laissant aujourd'hui l'héritage de communsnégatifs : des « ressources matérielles ou immatérielles, négatives » dont l'enjeu est « d'en prendre soin [...] collectivement (commoning) à défaut de pouvoir faire table rase de ces réalités ».

Dans notre projet, la notion de commun est présente dans l'essence même de notre système : Dominik est un commun. En effet, ce système se veut être une ressource partagée qui appartient à une communauté qui se donne des règles de gouvernance vis-à-vis de ce système. Notre système est un bien commun, et sa documentation accessible l'est aussi. De plus, Dominik est créatrice de commun, en tant que système pouvant faire office de serveur pour le stockage et le partage de ressources libres d'accès, de réutilisation, de modification et de rediffusion. Dominik est donc intrinsèquement vouée à diffuser le modèle des sciences ouvertes et des communs.

Troisième partie
PARTIE FINALE

13 Aspect gestion de projet

13.1 Gestion d'équipe

13.1.1 Organisation générale de l'équipe

Dès le début du projet, nous avons mis en place un journal de bord. Ce journal de bord a des fonctions multiples. Il nous sert tout d'abord à faire le point sur ce qui a été fait la semaine précédente et ainsi suivre nos avancées. C'est sur ce journal que nous notons toutes les tâches à réaliser durant la semaine. A la fin des deux jours de projet, nous faisons un point sur ce qui a été fait et ce qui reste à faire qui est alors décalé à la semaine d'après. Nous avons décidé d'utiliser un Network Attached Storage (NAS) hébergé sur une tour dans la colocation de Simon pour stocker et partager l'intégralité de notre travail. Le NAS s'apparente à un disque dur auquel on peut accéder depuis un réseau. Travaillant sur le numérique low-tech, nous voulions garder une certaine cohérence en trouvant une alternative à Google Drive, souvent utilisé pour les travaux de groupe.

Durant les deux premières semaines de projet, nous nous sommes documentés sur le numérique et le low-tech numérique que nous ne connaissions pas ou très peu pour la grande majorité du groupe. Les ateliers créativités avec Romain et Achille nous ont permis de mieux comprendre et de prendre en main notre sujet. Ces deux premières semaines ont été très denses en information qu'il a fallu organiser par la suite.

Rapidement, nos deux jours alloués au projet ont pris la forme suivante :

- Mardi de 9h à 10h : Point en groupe sur ce qui a été fait la semaine dernière et répartition des tâches pour les jours à venir en s'assurant que tous les membres du groupe ont une tâche qui leur convient.
- Mardi 10h à 17h : Travail en autonomie ou en groupe suivant les différentes tâches.
- Mercredi 9h à 10h : Point en groupe sur les avancées de la veille, discussion autour des potentielles difficultés rencontrées.
- Mercredi 10h à 16h : Travail en autonomie ou en groupe suivant les différentes tâches.
- Mercredi de 16h à 17h : Récapitulatif sur les avancées de ces deux jours, discussion autour des points importants identifiés et des tâches à faire pour la semaine prochaine.

C'est également durant ces premières séances que nous nous sommes attribués chacun nos rôles de manière implicite. Dans notre groupe, nous n'avons pas de chef.fe de projet, nous nous sommes mis d'accord pour une gouvernance partagée. Les rôles ou plutôt les « expertises » se sont définies selon nos envies et nos connaissances.

- Simon : Grâce à sa formation en électronique et systèmes embarqués, il avait une longueur d'avance sur le vaste sujet du numérique. Il s'est alors principalement chargé des tâches concernant la programmation du serveur.
- Céleste : Autrice du journal Cel'Ouest à visée informative, elle s'est tout de suite sentie à l'aise et compétente sur la partie sensibilisation du projet.
- Valentin : Dès le début du projet, il a présenté un fort intérêt pour le côté pratique, concret et bricolage. Naturellement, il s'est mis à charge de la conception et la réalisation de la boîte support de notre serveur.
- Pierre-Thomas et Julie : Tous deux ont gardé une vision globale et transversale du projet. Ils ont plutôt eu un rôle de supervision et de synthèse. Parfois, ils rejoignaient un.e de leur camarade pour l'épauler dans son travail.

Ce rythme fut parfois légèrement modifié par différentes entrevues avec nos porteurs de projet, notre tuteur école, les étudiants de l'IAE ou bien des cours qui venaient s'intercaler à nos créneaux de projet.

13.1.2 Intégration des étudiants de l'IAE

Trois étudiants de l'Institut d'Administration des Entreprises (IAE), Diego, Gauthier et Cyprien, ont rejoint notre équipe mi-novembre.

Au préalable, nous avions préparé un cahier des charges concernant le sondage sur l'essentiel d'Internet et les templates de sites sobres destinés aux césurien.ne.s de l'école et d'autres personnes souhaitant communiquer sur leur projet. Nous les avons ensuite rencontrés pour s'assurer qu'ils avaient bien compris le projet et leurs missions, puis nous leur avons donné des deadlines pour chacune des missions. De leur côté, ils travaillaient entre eux, nous faisaient un point sur leurs avancées afin que nous leur faisions des remarques.

Cette collaboration a bien marché, le travail des élèves de l'IAE a été qualitatif et nous a fait gagner un temps précieux.

13.1.3 Relation avec nos porteurs de projet et notre tuteur école

Notre porteur de projet principal est Romain Couillet, un enseignant de l'Université Grenoble Alpes et chercheur au Laboratoire d'informatique de Grenoble (LIG). Il travaille sur de nouveaux outils mathématiques à même de comprendre les algorithmes de l'Intelligence Artificielle (IA) de demain. Achille Baucher, un étudiant en thèse au LIG nous a également accompagné. Le sujet de sa thèse porte sur le démantèlement du numérique. Notre troisième porteur de projet est Sacha Hodencq, spécialiste des sciences ouvertes, travaille au côté d'Achille et Romain au LIG, à adopter le prisme des Low-tech (utilité, durabilité, accessibilité) pour étudier le numérique et ses pratiques, depuis la création des supports matériels et immatériels jusqu'à leurs applications directes et effets induits. Nous avons rencontré nos porteurs de projet au tout début du projet dans le cadre d'un atelier de créativité qui nous a aidé à aborder notre sujet. Par la suite, nous avons beaucoup échangé par mail. Lorsque c'était nécessaire, nous organisions une entrevue sur le campus. Leur œil critique sur le numérique et leurs conseils nous ont toujours été d'une grande aide dans la réalisation de notre projet et dans l'orientation de nos recherches pour défricher ce vaste sujet.

Notre tuteur école est Manuel Selva, un enseignant en sciences informatiques à l'ENSIMAG. Nous nous donnions rendez-vous quasiment toutes les semaines afin de faire un point sur nos avancées et que Manuel s'assure que nous soyons sur la bonne route d'un point de vue « école », c'est-à-dire par rapport aux consignes données par nos responsables PISTE concernant le projet. Ses retours nous ont été précieux après chaque point intermédiaire afin de nous préparer au rendu final.

13.2 Gestion du temps

Dans cette partie, nous allons nous appuyer sur notre diagramme de GANTT (voir figure 2) pour présenter les différentes phases du projet.

Phases 1 : Du 20 septembre au 19 octobre La phase 1 correspond à la documentation et la précision du sujet, sur le diagramme, elle s'étend sur 5 semaines mais en réalité, le numérique low-tech étant un sujet très vaste, notre phase de documentation a été présente à différente intensité durant toute la durée du projet.

Lors de cette étape du projet, nous avons tout d'abord fait un état de l'art du numérique et du numérique low-tech. Par la suite nous avons analysé les besoins liés au numérique afin de pouvoir fixer la nature de notre rendu, l'atelier créativité avec nos porteurs de projet trouvait sa place dans cette étape. Lors cet atelier, nous avons pensé aux camps de réfugiés comme une cible de notre « produit ». Afin de s'assurer de ne pas inventer des besoins en se projetant dans un milieu que nous connaissons peu, nous avons pris contact avec le fablab du camp de réfugiés de Briançon. Suite aux échanges, nous avons abandonné le cas d'usage pour les camps de réfugiés.

Phases 2 : Du 4 octobre au 2 novembre La phase 2 consiste en la réalisation de notre premier prototype, plus précisément sur la partie programmation pour faire d'un téléphone de récupération, un serveur.

Une fois le support du serveur choisi, nous avons récupéré des anciens téléphones que l'on a trouvé chez nous et dans les boîtes de récupération de téléphone placées dans l'école. Nous prévoyions aussi d'utiliser l'énergie solaire et donc nous avons dès le début chercher des panneaux et un régulateur de récupération. En parallèle, nous avons créé un site basique en html. Nous avons par la suite réussi à rendre ce site visible sur Internet depuis notre serveur. Pour la suite, nous avons dimensionné la batterie et les panneaux solaires, et continué la récupération de matériaux sur ces nouvelles bases.

Phases 3 : Du 2 novembre au 4 janvier Lors de la phase 3, nous avons amélioré notre premier prototype. C'est à partir du 2 novembre que nous avons commencé à travailler simultanément sur le serveur du prototype, le caisson et la sensibilisation.

Dans cette étape, nous avons modifié notre site pour en faire un véritable site low-tech. Une difficulté rencontrée a été de mettre en ligne le site à partir de la 4G et non pas du Wifi. Tout au long des avancées, nous avons documenté la mise en place du serveur. Cette documentation, sous forme de tuto, a été testée en interne et modifiée suite aux remarques. Lorsque les IAE ont rejoint notre équipe, ils ont travaillé sur la réalisation des templates de sites.

Phases 4 : Du 25 octobre au 21 décembre La phase 4 concerne également l'amélioration de notre premier prototype, mais cette fois-ci sur la partie caisson et alimentation.

En premier lieu, une réflexion et une prise de décision concernant la nature du caisson ont été faites. Après cela, il fallait récupérer la glacière qui avait été choisie comme support de mobilité. Par la suite, nous avons travaillé au fablab pour réaliser le caisson et le circuit électronique tout en documentant en parallèle pour faire un tuto LTL. Pour finir, un rapport sur le coût total de la solution a été réalisé.

Phases 5 : Du 2 novembre au 11 janvier La phase 5 concerne la sensibilisation autour des impacts du numérique.

Très vite, l'idée de faire une semaine de sensibilisation dans l'école nous est venue. Pour cela, il fallait d'abord avoir des idées d'ateliers et des éléments à exposer. Il a également fallu faire approuver nos idées à l'administration et caler une date. Ensuite, nous avons récupéré le matériel et conçu nos supports d'atelier et d'exposition pour cette semaine de sensibilisation à l'école. Nous avons également présenté notre projet au Low-Tech Lab de Grenoble et prévu un jour de sensibilisation au sein de cette organisation. Enfin, la sensibilisation prend aussi place sur notre site web sur lequel nous avons créer une bibliothèque avec une multitude de références pour apporter des connaissances sur un sujet donné (concernant le numérique évidemment). Enfin, nous avons animé cette semaine de sensibilisation à l'école du 9 au 13 janvier. Le 16 janvier, c'est au Low-Tech Lab de Grenoble que nous avons présenté Dominik et nos tutos.

Phases 6 : Du 2 novembre au 18 janvier La phase 6 correspond à la préparation à un potentiel effondrement et donc à l'implémentation de données essentielles sur notre serveur qui pourront être récupérées facilement et accessibles pour tout le monde.

La première étape de cette phase a été la création et la mise en circulation d'un sondage pour savoir ce qui est essentiel à garder du numérique et sur Internet. Cette étape a été principalement réalisée par les élèves de l'IAE. Au sein du groupe et suite aux résultats du sondage, nous avons également réfléchi à ce que nous allions héberger sur Dominik. Ensuite, nous avons créé un dossier sur notre serveur pour y stocker le fruit de notre réflexion puis nous avons documenté cette partie en justifiant nos choix et expliquant notre démarche.

Phases 7 : Du 22 novembre au 25 janvier La phase 7 a plutôt un côté pratique pour l'organisation de nos rendus. En effet, elle regroupe tous les rendus que nous avions à faire pour l'école, ainsi que notre idée d'une potentielle visibilité médiatique sur le projet.

14 Suite du projet

14.1 Nos impasses - nos échecs - notre manque de temps

Dans ce rapport, nous avons essayé d'exposer de la façon la plus claire tout ce que nous avons réussi dans ce projet, ce qui a abouti à un résultat qui nous satisfait et qui permet de répondre au sujet du démantèlement du numérique et de sa redirection vers des valeurs plus low-tech. Cependant, il y a aussi de nombreuses pistes infructueuses qui nous ont mené à des impasses et des échecs, mais qui mériterait d'être poussées. Il y a aussi beaucoup d'aspects que nous avons abordés qui mériteraient d'être poussés plus loin.

Vous trouverez en annexe T un *Arbre de déroulement du projet* qui schématise l'ensemble des voies explorées, abouties ou non. Voici en complément une petite liste non exhaustive de concepts et actions non poussées jusqu'au bout, ou qui se sont révélées infructueuses pour nous :

- Nous pensons utile au-delà des templates de site en éco-conception de proposer un développeur de site low-tech, c'est-à-dire une interface permettant de créer soit-même un site écologique. Il existe déjà le site Pélican, mais nous trouvons qu'il est assez peu intuitif pour un utilisateur novice.
- De même, il est intéressant de pouvoir allonger la portée du réseau local pour qu'il puisse couvrir un quartier / village.
- Comme expliqué dans la partie 10 nous n'avons pas réussi à rendre le serveur complètement mobile, même si des pistes mériteraient d'être approfondies
- Nous n'avons pas creusé la sécurisation des données (protocole https, données chiffrées sur le serveur, etc.), en considérant que ces documentations était disponible sur internet et nous rajoutait du temps de travail tout en complexifiant la documentation. Cela limite cependant les usages de Dominik.
- Nous nous sommes surtout concentrés sur le développement d'un serveur web, délaissant des options qui auraient pu être intéressante, comme l'auto-hébergement de fichier pour paliers aux clouds, et qui l'auraient peut-être plus ancré dans des usages actuels.
- Nous voulions également ajouter des bretelles pour le transport de notre système Dominik. Cependant, nous n'avons pas trouvé de moyen efficace de les fixer sans trop affecter l'intégrité de la glacière.
- Notre afficheur de l'état de la batterie ne comporte qu'une LED verte et une LED rouge. Nous savons qu'il serait possible d'étendre de système pour réaliser plus de paliers différents, quatre par exemple, et ainsi montrer à l'utilisateur dans quelle tranche de 25% de batterie il se situe.
- Un regret est de ne pas avoir trouvé des conditions adéquates pour tester le dimensionnement du système sur le long terme en conditions d'utilisation normales. En effet, Dominik était toujours dans un appartement étudiant, sans accès facile au soleil sur une longue période.
- Après le retour des utilisateurs, beaucoup de suggestions très pertinentes ont été proposées. Peu d'entre elles ont été mises en place en raison du temps qu'il nous était imparti. Cependant, ces points d'amélioration pourraient apporter beaucoup à la qualité du système Dominik.

14.2 Utilisation de nos travaux

Le projet étant maintenant fini pour nous, nous le livrons à LIG et au Low-Tech Lab de Grenoble pour qu'ils puissent s'en emparer.

Nous enverrons également notre travail à l'équipe LowNum et Stéphane Croizat (que nous aurons peut-être la chance de rencontrer en février), ainsi qu'à Gauthier Roussilhe, que cela intéressera peut-être.

Le LTLG se verra remettre le système fini Dominik. L'atelier de formation que nous leur avons organisé nous a permis de leur transmettre ce que nous avons appris durant notre projet, et les points que nous avons soulevés, pour qu'ils puissent s'en servir, sous cette forme ou une autre, pour la gestion des outils numérique de l'association.

Tous nos rapports et notre documentation pourront servir de support aux chercheurs du LIG pour leurs travaux sur le numérique et son potentiel démantèlement.

15 Conclusion

Le numérique pose donc aujourd'hui de nombreuses questions. Alexandre Monnin [10] le qualifie dans *Héritage et Fermeture* de technologie zombie, dans le sens où il aliène l'Homme. Il peut aussi être vu comme un *Commun Négatif*, c'est-à-dire une infrastructure commune à l'humanité qui aujourd'hui lui apporte plus de mal que de bien. Mais il n'est pas possible de faire disparaître du jour au lendemain cette infrastructure, il faut savoir en *Hériter*, et en prendre soin. Notre projet prend donc tout son sens dans la tâche du démantèlement de l'industrie du numérique, en accompagnant ce processus d'idées concrètes et de débats mis sur table pour réussir à trouver collectivement où atterrir [24].

L'idée concrète que nous avons proposé s'est matérialisée sous la forme de notre système Dominik, un système qui repense l'usage du numérique sous sa forme la plus sobre. Nous nous servons de l'héritage matériel qui est sous nos yeux : de tous les smartphones encore fonctionnels que l'on trouve dans les placards, des panneaux solaires encore en bon état, des glacières de camping que l'on n'utilise plus ; pour en faire un Commun d'échange et de stockage d'information et de communication à distance.

Mais cette vision du numérique comme technologie zombie est aujourd'hui très loin de faire consensus. Il faudra continuer les actions de sensibilisations pour que l'illusion de l'immatérialité et de la frugalité du numérique disparaisse chez ses utilisateurs intensifs et ses fervents défenseurs, et que l'on puisse réfléchir collectivement à un avenir sérieux pour ce *Commun Négatif*.

Références

1. Bonneuil Christophe & Fressoz Jean-Baptiste 19-. *L'événement anthropocène : la Terre, l'histoire et nous / Christophe Bonneuil, Jean-Baptiste Fressoz* fre. isbn : 978-2-02-113500-8 (Éditions du Seuil, Paris, 2013).
2. Boutaud, A. & Gondran, N. *Les limites planétaires* fre. ISSN : 0993-7625. isbn : 978-2-348-04623-0 (La Découverte, 2020).
3. Patino Bruno. *La civilisation du poisson rouge : petit traité sur le marché de l'attention / Bruno Patino* fre. isbn : 978-2-246-81929-5 (Bernard Grasset, Paris, 2019).
4. Vigan Delphine de. *Les enfants sont rois / Delphine de Vigan* fre. isbn : 978-2-07-297737-4 (Gallimard, Paris, 2022).

5. Gisondon, S., Hayward, K. & Kartheiser, V. *Derrière nos écrans de fumée* Documentaire. 2020. https://www.netflix.com/watch/81254224?trackId=255824129&tctx=0%2C0%2CNAPA%40%40%7C62feb115-24e9-4965-acc5-704b1b6730eb-631281373_titles%2F1%2F%2Fderri%C3%A8re%20nos%2F0%2F0%2CNAPA%40%40%7C62feb115-24e9-4965-acc5-704b1b6730eb-631281373_titles%2F1%2F%2Fderri%C3%A8re%20nos%2F0%2F0%2Cunknown%2C%2C62feb115-24e9-4965-acc5-704b1b6730eb-631281373%7C1%2C%2C%2CVideo%3A81254224 (2023).
6. VASSELIN, P. & CUVEILLIER, F. *La fabrique de l'ignorance* en. Documentaire. 2020. https://boutique.arte.tv/detail/la-fabrique-de-lignorance (2023).
7. *Low-tech Lab – Les Low-tech : l'innovation utile, accessible et durable.* fr. https://lowtechlab.org/fr/la-low-tech (2023).
8. Nova, N. & Roussilhe, G. Du low-tech numérique aux numériques situés. fre. *Sciences du Design* **11.** ISBN : 9782130823742 Publisher : Presses Universitaires de France, 91-101. issn : 2428-3711 (2020).
9. Roussilhe, G. *Les besoins essentiels de la low-tech* fr. https://gauthierroussilhe.com/articles/les-besoins-essentiels-de-la-low-tech (2023).
10. Bonnet Emmanuel, Landivar Diego & Monnin Alexandre. *Héritage et fermeture : une écologie du démantèlement* fre. isbn : 979-10-97088-37-8 (éditions divergences, Paris, 2021).
11. *CalSol - gisement solaire* http://ines.solaire.free.fr/gisesol_1.php (2023).
12. *Manyverse – a social network off the grid* en. https://www.manyver.se/ (2023).
13. Illich Ivan. *La convivialité ; préface inédite d'Hervé Kempf [version française par l'auteur assisté par Luce Giard à partir de la traduction de Vincent Bardet]* fre. isbn : 978-2-7578-9122-3 (Éditions Points, Paris, 2021).
14. Decker, K. D. Comment bâtir un internet low tech. fr. Trad. par Morice, O. *Techniques & Culture. Revue semestrielle d'anthropologie des techniques.* ISBN : 9782713227073 Number : 67 Publisher : Les Éditions de l'EHESS, 216-235. issn : 0248-6016. https://journals.openedition.org/tc/8489 (2023) (juin 2017).
15. Vetter, A. The Matrix of Convivial Technology – Assessing technologies for degrowth. en. *Journal of Cleaner Production. Technology and Degrowth* **197,** 1778-1786. issn : 0959-6526. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617304213 (2023) (oct. 2018).
16. Akrich, M. *Comment décrire les objets techniques ?* fr. in *Techniques et culture* Issue : 9 (1987), 49. https://shs.hal.science/halshs-00005830 (2023).
17. Whitehead, B., Andrews, D. & Shah, A. The life cycle assessment of a UK data centre. en. *The International Journal of Life Cycle Assessment* **20,** 332-349. issn : 0948-3349, 1614-7502. http://link.springer.com/10.1007/s11367-014-0838-7 (2023) (mars 2015).
18. Kenyon, H. New NSA data center breaks ground on construction. *Defense Systems* (jan. 2011).
19. Hill, K. Blueprints Of NSA's Ridiculously Expensive Data Center In Utah Suggest It Holds Less Info Than Thought. *Forbes* (juill. 2013).
20. Goedkoop, M. & Spriensma, R. The Eco-Indicator 99 : A Damage Oriented Method for Life Cycle Impact Assessment (jan. 2001).
21. *Open Science | FOSTER* https://www.fosteropenscience.eu/taxonomy/term/7 (2023).
22. *About The Licenses - Creative Commons* en-US. https://creativecommons.org/licenses/ (2023).
23. Ostrom Elinor. *Gouvernance des biens communs : pour une nouvelle approche des ressources naturelles / Elinor Ostrom ; révision scientifique de Laurent Baechler* fre. isbn : 978-2-8041-6141-5 (De Boeck Supérieur, Bruxelles, 2010).

24. Latour Bruno. *Où atterrir ? : comment s'orienter en politique* fre. isbn : 978-2-7071-9700-9 (la Découverte, Paris, 2017).

Quatrième partie
ANNEXES

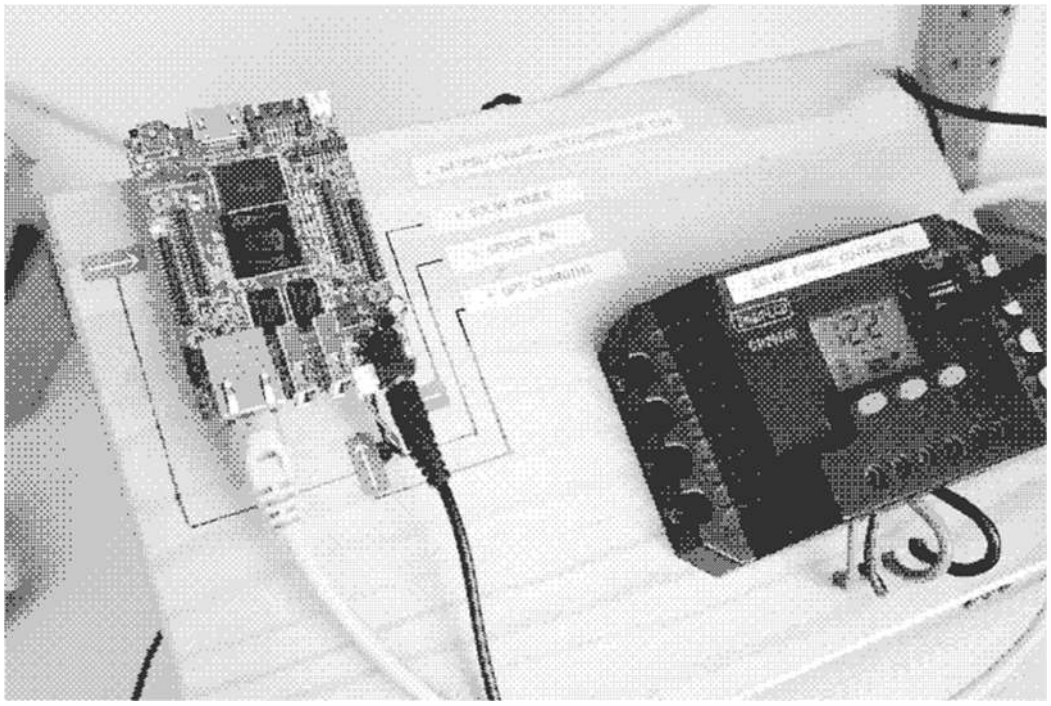
A Réponse à l'appel d'offre

NUMÉRIQUE LOW-TECH

-

Offre proposée par

PISTE



Sommaire

1. Contexte et objectifs du projet 2
2. Les atouts de la formation PISTE 2
3. L'équipe 3
4. Méthodologie 5
Phase 1 : création d'un site basique et serveur local 5
1.Etat de l'art de la situation autour du numérique 6
2.Choix d'une piste d'hébergement low-tech 6
3.Réalisation d'une solution d'hébergement de site 6
4.Intégration de ressources et de liens sur le site html 7
Phase 2 : création d'un site internet low-tech auto-hébergé accessible depuis internet 7
1.Synthèse des bonnes pratiques dans l'usage individuel du numérique 7
2.Synthèse des bonnes pratiques dans la conception d'un site internet low-tech 7
3.Identification des besoins de notre site et conception de son architecture 7
4.Développement du site 8
5.Choix de la méthode de mise en ligne et mise en ligne du site 8
Phase 3 : serveur alimenté en solaire 8
1.Dimensionnement du besoin 8
2.Récupération du matériel 8
3.Réalisation du système d'alimentation 9
Phase 4 : Sneakernet de sauvegarde des bases de connaissances et de relance du numérique 9
1.Cerner ce qui est nécessaire 9
2.Rassembler les savoirs utiles 9
3.Rassembler les documents pour relancer du numérique 10
4.Intégrer le sneaker drop dans le système 10
Phase 5 : Version box mobile du système 10
1.Réflexion autour des nécessités 10
2.Réflexion autour des fonctionnalités 11
3.Réalisation de la box-système 11
4.Utilisation de la box-système 11
Phase 6 : Diffusion 11
1.Transférer les guides au wiki du low-tech lab 11
2.Organiser un temps de rencontre autour du numérique dans l'école ou au Low-tech Lab Grenoble 11
3.Chercher une visibilité médiatique 12
5. Conditions de réalisation de l'étude 12
Diagramme de GANTT 12
Analyse des risques et solutions mises en place 12
Coût de l'étude 13
Conditions particulières 13

1. Contexte et objectifs du projet

A la fin du 20ème siècle, le numérique connaît un essor remarquable à travers un développement des technologies de l'information et de la communication, régulièrement qualifié de troisième révolution industrielle. Ces technologies ont radicalement changé notre monde et leur progression semble inarrêtable. Même face à la crise écologique, le numérique semble faire partie du problème mais surtout de la solution. Selon L'ADEME, le numérique représente à l'échelle mondiale 4 % des émissions de gaz à effet de serre dans le monde et pourrait connaître une croissance de + 60 % d'ici à 2040 si rien n'est fait. Or, dans la stratégie du gouvernement français, la transformation numérique est présentée comme nécessaire et évidente, malgré une réelle prise de conscience et une mise en place d'une stratégie de communication et de bonnes pratiques sur les usages du numérique.

Et pourtant, malgré un aveuglement de l'immense majorité de la société face à cette question, le numérique se dirige inexorablement vers un mur, celui des limites planétaires. Que ce soit sur le plan des ressources, de l'énergie, de la sécurité ou même du bien-être mental, le numérique dépasse aujourd'hui des drapeaux rouges dans de nombreux aspects. Bien qu'étant un moyen de communication très efficace et parfois indispensable dans certains secteurs, il faut aujourd'hui le remettre en cause, penser son démantèlement et inventer son devenir dans un contexte de décroissance de la production électrique et d'extraction des ressources.

En parallèle de la montée des questionnements écologiques, l'apparition de la philosophie low-tech n'est pas passé inaperçue. Le terme low-tech est utilisé 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 et DURABLE. Cette philosophie, qui souhaite reconnecter l'humain à la technologie qu'il utilise au sein d'une planète finie, apparaît désormais de plus en plus dans la sphère publique, au sein d'appels à projets de l'ADEME ou dans des médias comme ARTE.

Les objectifs du projets s'articuleront donc autour de deux aspects :
- La compréhension des enjeux liées au numérique, et leur documentation. Nous nous questionnerons sur les usages actuels de l'Internet, et réfléchirons à des pistes de solutions pour changer les pratiques, en nous inspirant des pratiques low-tech existantes
- La réalisation d'une preuve de concept. Nous mettrons un place un système vitrine qui démontrera la pertinence et l'efficacité d'un système de numérique low-tech. Il sera documenté pour permettre à tout un chacun de prendre en main la solution proposée. Le Low-Tech Lab Grenoble et le Laboratoire d'Informatique de Grenoble pourront s'appuyer sur cette documentation pour leur communication interne et externe.

2. Les atouts de la formation PISTE

PISTE est un semestre proposé en dernière année aux étudiants de Grenoble-INP. Ce semestre se veut de sensibiliser les étudiants à l'approche systémique des problèmes d'ingénieurs qui leur sont

livrés, avec une grosse part de l'apprentissage axé sur la transformation globale de notre société liée au dépassement des limites planétaires. Les apprentissages permettent aux étudiants de sortir de leur formation avec des outils solides pour mener à bien des projets ambitieux liés aux transitions de notre société thermo-industrielle.

L'équipe proposée pour le projet est déjà très largement sensibilisée aux impacts de l'Homme sur la planète, et les étudiants ont déjà acquis de bons ordres de grandeurs sur les limites du monde qui les entoure. Pour un projet qui traite du démantèlement du numérique, cette sensibilité est plus qu'un atout.

De plus, les étudiants viennent d'écoles et de formations assez différentes. Cela crée donc une complémentarité des compétences indispensable à la mise en place d'un projet si complexe.

Enfin, l'encadrement dont ils bénéficient leur permets d'avoir toutes les clés en main pour mener à bien ce projet, pour produire un travail de qualité, tout en restant très autonomes dans leur démarche. Ils bénéficient de cours annexes sur les outils et les méthodes de l'ingénieur en transition, et sont à l'aise avec les projets d'approche systémique comme vous le proposez.

Vous l'aurez compris, en choisissant les étudiants de PISTE, vous vous assurez un travail de qualité qui n'aura pas simplement produit un rendu superficiel. Les étudiants de PISTE ont vocation à vraiment pousser le raisonnement systémique au bout pour vous proposer la solution la mieux adaptée aux enjeux d'aujourd'hui.

3. L'équipe

Notre équipe travaille en gouvernance partagée. Elle est composée de 5 membres au même niveau hiérarchique. Nous organisons notre temps de travail sur 2 jours complets de la semaine, le mardi et le mercredi. Un temps d'échanges et de répartition mutuelle des tâches et objectifs est fait le mardi matin. Un temps d'échange et restitution est fait le mercredi soir.

Notre équipe est composé de :

Céleste de Bourmont

Formation : ENSE3, filière Ingénierie de l'Énergie Électrique (IEE)

Atouts pour ce projet : Sa formation en énergie électrique permettra de traiter correctement les questions d'alimentation du serveur et de dimensionnements. Son intérêt pour les enjeux écologiques et la lecture vont permettre de constituer une solide bibliographie sur la thématique du numérique responsable.

Julie Mignerey--Koelsch

Formation : ENSE3, Systèmes Énergétiques et Marchés (SEM), Parcours Ingénieur Architecte (PARIN)

Atouts pour ce projet : Multidisciplinaire dans le domaine de l'énergie, dynamique et appliquée dans son travail, elle sera capable de traiter tout type de sujet avec rigueur. Ses expériences dans la gestion de projet permettront une bonne communication au sein du groupe et l'accomplissement des différents objectifs du projet.

Pierre-Thomas Demars

Formation : ENSE3, filière Systèmes Énergétiques et Marchés (SEM), Double Diplôme en collaboration avec Sciences Po Grenoble

Atouts pour ce projet : Suite à son cursus lié aux réseaux électriques et avec une forte conscience des enjeux socio-écologiques, ses capacités de synthèse et de structuration seront essentielles à cerner ce projet complexe. Polyvalent et force de proposition, il saura amener ses compétences au bon déroulement du projet.

Simon Chabanne

Formation : ESISAR, filière Électronique, Double Diplôme en collaboration avec Sciences Po Grenoble

Atouts pour ce projet : Si son école l'a plutôt formé aux réseaux, à l'électronique et aux systèmes embarqués, il pourra aussi apporter des compétences en matière de production d'énergie grâce à un service civique sur le petit éolien. Sa curiosité pour le détournement d'usage et le démantèlement du numérique apporteront des pistes de solutions pour le projet.

Valentin Girard

Formation : ENSE3, filière Systèmes Énergétiques et Marchés (SEM)

Atouts pour le projet: Avec des connaissances solides en mécanique et production électrique, il saura aider le groupe sur les questions techniques du projet. Ses ambitions d'agir pour les transitions le pousse à aller chercher toujours plus loin dans la réflexion sur l'impact de la solution proposée.

4. Méthodologie

Afin de répondre aux enjeux liés à cet appel d'offre, notre équipe développe une méthodologie en plusieurs phases, centré autour de la notion de low-tech. Ce nouveau terme est utilisé 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

Une low-tech répond à des besoins essentiels à l'individu ou au collectif. Elle contribue à rendre possible des modes de vie, de production et de consommation sains et pertinents pour tous dans des domaines aussi variés que l'énergie, l'alimentation, l'eau, la gestion des déchets, les matériaux, l'habitat, les transports, l'hygiène ou encore la santé. En incitant à revenir à l'essentiel, elle redonne du sens à l'action.

Accessible

La low-tech doit être appropriable par le plus grand nombre. Elle doit donc pouvoir être fabriquée et/ou réparée localement, ses principes de fonctionnement doivent pouvoir être appréhendés simplement et son coût adapté à une large part de la population. Elle favorise ainsi une plus grande autonomie des populations à tous les niveaux, ainsi qu'une meilleure répartition de la valeur ou du travail.

Durable

Éco-conçue, résiliente, robuste, réparable, recyclable, agile, fonctionnelle : la low-tech invite à réfléchir et optimiser les impacts tant écologiques que sociaux ou sociétaux liés au recours à la technique et ce, à toutes les étapes de son cycle de vie (de la conception, production, usage, fin de vie), même si cela implique parfois, de recourir à moins de technique, et plus de partage ou de collaboration !

Certaines de ces phases comportent plusieurs objectifs qui pourront être menées en parallèle pour optimiser l'avancée du projet.

Phase 1 : création d'un site basique et serveur local

Objectif : Créer un site html basique et minimaliste permettant d'accéder à divers ressources de sensibilisation via des liens, hébergé et accessible sur un réseau local, grâce à un serveur de récupération (support à choisir). On oublie donc ici toute tentative de connexion à internet, ainsi que les questions d'alimentation. On peut aussi envisager d'utiliser le serveur pour stocker des fichier en tout genre.

Documentation et sensibilisation : On proposera donc un accès à un vaste état de l'art de ce qui existe déjà comme piste de solution ainsi que des liens vers des ressources de sensibilisation externe, ainsi qu'une documentation sur comment créer un site basique en html et l'héberger localement.

Réunion : 2 fois une heure

Livrables :

- Tableau de choix du support physique pour le serveur
- Code source de site html basique
- Synthèses de ressources liées à l'impact du numérique
- Guide de création d'un site html basique et d'hébergement local

1. Etat de l'art de la situation autour du numérique

Il est essentiel pour notre équipe de synthétiser les enjeux liés au numérique pour être à même de proposer une solution répondant correctement à ces enjeux. Notre système devant en effet être utile, accessible et durable, il faut pouvoir être à même de sélectionner et comprendre les critères définissant un caractère convivial et low-tech dans le cadre du numérique, secteur qui, de premier abord, est antinomique avec toute forme de durabilité et d'approche à faible complexité technologique par essence.

Notre travail de recherche nous amènera donc à détailler l'impact du numérique, mais aussi à rassembler ce qui existe déjà comme piste de solution pour un numérique plus soutenable.

2. Choix d'une piste d'hébergement low-tech

Un des usages les plus commun du numérique est la consultation de site ou de fichier hébergé sur des serveurs. En première approche de numérique low-tech, nous chercherons à héberger des pages html simple sur un support physique low-tech. Le choix de ce support physique répondra pour nous à la philosophie du low-tech et de la convivialité en étant :

- Peu impactant en terme de ressources, d'impact environnemental direct, facilement réparable
- Accessible, équitable, utile et apportant de l'autonomie à ses utilisateurs

Pour faire notre choix nous étudierons différentes pistes de solutions que nous départagerons à l'aide d'un tableau de choix, attribuant une note à chaque possibilité d'hébergement selon plusieurs critères pondérés.

3. Réalisation d'une solution d'hébergement de site

Il faudra en suite réaliser concrètement cette solution d'hébergement. Durant cette étape nous rassemblerons le matériel nécessaire à l'aide d'un maximum de récupération. Ensuite, nous développerons le site html, et nous le transférerons sur le support de stockage. Nous mettrons ensuite en réseau notre serveur avec divers appareils et nous assurerons que le site html est consultable localement.

4. Intégration de ressources et de liens sur le site html

Nous intégrerons les ressources et les liens sur l'impact du numérique au site pour obtenir un premier prototype fonctionnel de site low-tech informant sur l'impact du numérique et les pistes de solution pour y pallier.

Phase 2 : création d'un site internet low-tech auto-hébergé accessible depuis internet

Objectif : Pousser la conception du premier site web un peu plus loin : recherche d'esthétisme, image, intégration de plus de ressources directement sur le site. On cherchera aussi à la rendre accessible depuis internet grâce à une solution qui nous semble adapter (wifi ? 4G ? quel DNS ?).

Documentation et sensibilisation : on proposera un guide des bonnes pratiques pour un usage plus sobre du numérique ainsi qu'un template de site sobre et désirable.

Livrables :

- Tableau de choix du mode de connexion à internet
- Code source (html et css) du site internet
- Code source « template » de site sobre
- Guide des bonnes pratiques dans l'usage du numérique
- Guide pour rendre disponible un site sur internet

1. Synthèse des bonnes pratiques dans l'usage individuel du numérique

A l'échelle individuelle, une grande variété de pratiques peuvent être mise en place pour avoir un usage

moins impactant du numérique. Nous nous proposerons ici de créer un guide de bonne pratique dans l'usage du numérique pour l'internaute moyen.

2. Synthèse des bonnes pratiques dans la conception d'un site internet low-tech

Les sites webs actuels ne correspondent pas à un usage peu impactant du numérique. Néanmoins des méthodes existent pour les rendre moins consommateur en mémoire et en débit, et donc en ressources physiques. Nous synthétiserons ces méthodes dans une deuxième partie du guide de bonne pratique entamé précédemment. Ce guide pourra être utilisé par toute personne souhaitant mettre en place un site web, notamment les étudiants en créant pour des césures ou des associations.

3. Identification des besoins de notre site et conception de son architecture

Il est nécessaire de penser l'architecture du site et son esthétisme en fonction de nos besoins ainsi que des besoins généraux lors de l'utilisation de site web. Le site devra ainsi comporter plusieurs catégories (ressources sur l'impact du numérique, guides pratiques, outils externes, etc.) et des classement selon l'usage et le besoin des visiteurs du site.

4. Développement du site

Nous développerons ensuite le site au format html et CSS, et en extrairons un « template ». Ce template sera disponible en téléchargement sur le site, pour être utilisé librement par toute personne en ayant besoin.

5. Choix de la méthode de mise en ligne et mise en ligne du site

La question de l'accès à internet est complexe : wifi ou 4G implique des appareils supplémentaires pas toujours low-tech, et limite ce qui peut être réalisé facilement par un utilisateur peu expérimenté. Nous chercherons donc les solutions qui nous semble la plus simple à mettre en œuvre tout en répondant à un soucis de limiter son impact, ainsi qu'en répondant aux contraintes de limitation d'électricité et de matériaux.

Ce sera l'occasion de documenter les autres possibilités que nous ne retiendrons pas mais qui ont une pertinence dans d'autres configurations.

Phase 3 : serveur alimenté en solaire

Objectif : Autonomiser le serveur de l'électricité grâce à une alimentation solaire, un MPPT et une batterie de récupération, tout en essayant de penser l'interchangeabilité de ce système avec d'autres source d'énergie : éolienne, générateur vélo, panneaux solaire différents, recharge manuelle de la batterie sur une source lointaine.

Documentation et sensibilisation : on proposera des guides pratiques thématiques en fonction des divers contraintes existantes dans les situations réelles (accès en énergie, accès en matériaux, récupérations possible). La documentation détaillera ainsi comment réunir le matériel et comment

réaliser son alimentation solaire pour alimenter le serveur.

Livrables :

- Guide et pistes d'alimentation d'un serveur autonome en énergie
- Prototype fonctionnel de serveur autonome

1. Dimensionnement du besoin

Nous réaliserons un travail de dimensionnement de la consommation de notre serveur pour connaître notre besoin en énergie. De là, nous pourrons estimer la taille nécessaire de la batterie. La taille du panneau solaire découlera de la taille de la batterie. Nous garderons en tête dans cet étape que l'enjeu n'est pas nécessairement d'avoir un site disponible en continu, et que le matériel réel ne correspondra pas forcément au matériel récupéré.

2. Récupération du matériel

Durant cette étape nous récupérerons tout le matériel nécessaire pour l'alimentation en énergie du prototype : panneau solaire, batterie, convertisseur DC/DC… Nous documenterons cet récupération et nous placerons dans la situation d'un utilisateur n'ayant pas forcément les mêmes accès privilégiés que nous (au fablab notamment).

3. Réalisation du système d'alimentation

Et enfin, la pratique ! Ici on assemblera tous les composants pour alimenter notre serveur low-tech ! Nous documenterons cette réalisation et mesurerons la production d'énergie obtenue en situation réel.

Phase 4 : Sneakernet de sauvegarde des bases de connaissances et de relance du numérique

Objectif : L'objectif ici est de réfléchir à ce que nous pensons réellement nécessaire de garder dans le numérique et de rassembler les outils pour sauver les bases de connaissances utiles, et potentiellement relancer le numérique et ses usages les plus intéressants dans un cas d'effondrement total (wikipédia, normes RFC, collapsOS…). Ce dossier sera stocké sur notre serveur, accessible localement et pourra donc être transféré sur un support de stockage physique. Ce support de stockage pour ensuite être échangé manuellement sans connexion, grâce à des clefs usb, des disques durs, etc.

Documentation et sensibilisation : On proposera un document synthétisant les usages les plus essentiels du numérique (réalisé à partir des ressources existantes ainsi qu'un travail d'enquête et de sondage), une synthèse de différentes solutions existantes pour sauvegarder la connaissance du numérique et relancer son fonctionnement en cas d'effondrement.

Livrables :

- Sondage des perceptions des usages essentielles du numérique

- Synthèse de solutions existantes pour sauvegarder la connaissance du numérique
- Dossier des essentiels d'internet

1. Cerner ce qui est nécessaire

Nous chercherons à la fois à comprendre les usages nécessaires d'internet, les plus pertinent. Durant cette phase nous prendrons en compte le fait que contre intuitivement, si un besoin vital de l'humanité dépend exclusivement du numérique, c'est le premier qu'il faut chercher à démanteler pour éviter un drame en cas de black-out.

Nous réaliserons également un sondage pour savoir quels usages du numérique est pertinent et essentiel pour un utilisateur moyen.

2. Rassembler les savoirs utiles

Nous compilerons dans une dossier les savoirs qui nous semblent essentiels à l'humanité : encyclopédie Wikipédia, connaissance en agriculture, en médecine, etc. Cette partie ne saura être absolument exhaustive mais pourra être une première brique de relance des savoirs.

3. Rassembler les documents pour relancer du numérique

Une autre série de documents pouvant être vu comme essentiel en cas de rupture du numérique est un moyen de le relancer, pour pallier aux situations pour lesquels nous ne nous sommes pas autonomisé du numérique. Plusieurs documentations présentent par exemple les normes de communication internet (normes RFC), un système d'exploitation spéciale effondrement (collapse OS), ou encore comment construire soit même des composants électronique (simplifier).

4. Intégrer le sneaker drop dans le système

Nous connecterons ensuite le support de stockage au serveur. Il pourra ainsi être accessible physiquement (en retirant le support et en le branchant ailleurs), mais aussi depuis le réseau local, voir depuis internet. Nous penserons ici le sneaker drop pour ses usages les plus pertinents : il doit pouvoir être accessible facilement, pour être retiré rapidement, tout en étant le plus protégé possible.

Phase 5 : Version box mobile du système

Objectif : L'objectif ici est de concevoir une version transportable de notre système, afin de développer son potentiel. Cette ambition se rapproche également du concept de Sneakernet développée précédemment ainsi que de la volonté de rendre le système plus pertinent en pouvant l'amener dans des zones où son usage prend tout son sens. De plus, sa caractéristique mobile peut donner une nouvelle dimension de partage autour de l'objet lui-même, qui ne s'appuie plus uniquement sur le réseau numérique pour diffuser des informations mais également sur sa propre mobilité.

Documentation et sensibilisation : On proposera une documentation complète de la réalisation de cette box ainsi qu'une description précise des choix et fonctionnalités de la box.

Livrables :

- La box
- la documentation

1. Réflexion autour des nécessités

Pour que la solution fonctionne et perdure en terrain hostile, nous allons identifier les conditions de conception d'une boite. L'étanchéité, la solidité, l'adaptabilité sont les premières contraintes qui se présentent à l'esprit, mais beaucoup d'autres peuvent venir si l'on se penche sur un cas d'étude particulier : camps de personnes exilées, ZAD, particuliers, source de lumière proche ou éloignées, etc.

On réfléchira notamment à la meilleure manière de connecter les panneaux solaires pour pouvoir les orienter et les disposer à un endroit où il y a effectivement du soleil.

2. Réflexion autour des fonctionnalités

Pour répondre à de vrais besoins, nous réfléchirons aux fonctionnalités de la boite et du systèmes. Son ergonomie doit en effet pouvoir répondre à ses usages (être transportable, pouvoir être fixé au sol ou en hauteur, pouvoir être ouverte pour de la maintenance…). Nous réfléchirons aussi à des fonctionnalités ayant un réel apport à notre système : batterie de secours, prises pour recharger d'autres appareils, modularité avec d'autres systèmes, lumière...

3. Réalisation de la box-système

Nous nous appuierons sur le fablab de l'ENSE3, pour réaliser la boite correspondant le mieux pour nous à un usage le plus modulable possible, tout en recherchant la simplicité caractérisant les low-techs. Nous intégrerons à cette boite le système réalisé dans les phases précédentes.

4. Utilisation de la box-système

Il sera enfin temps de tester et d'utiliser la boite ! Nous essayerons sur plusieurs jours de la rendre accessible aux autres étudiants et à des amies, pour observer sa réaction, et avoir des retours d'expérience sur son utilisation.

Phase 6 : Diffusion

Objectif : Il est nécessaire de diffuser à la fois les bonnes pratiques autour du numérique ainsi que les guides pratiques développé durant ce projet. Le public peut être les étudiants de l'école, les membre de l'association low-tech lab Grenoble, ou d'autres internautes.

Livrables :

- Un article de presse
- Une animation/discussion sur le numérique dans l'école
- Un guide sur le wiki du low-tech lab

1. Transférer les guides au wiki du low-tech lab

Grand outil de diffusion des low-techs, le wiki du Low-tech Lab est particulièrement fréquenté et bien conçu. Nous pensons qu'il est pertinent d'essayer de transférer la documentation sur la création d'un serveur low-tech basique sur le wiki.

2. Organiser un temps de rencontre autour du numérique dans l'école ou au Low-tech Lab Grenoble

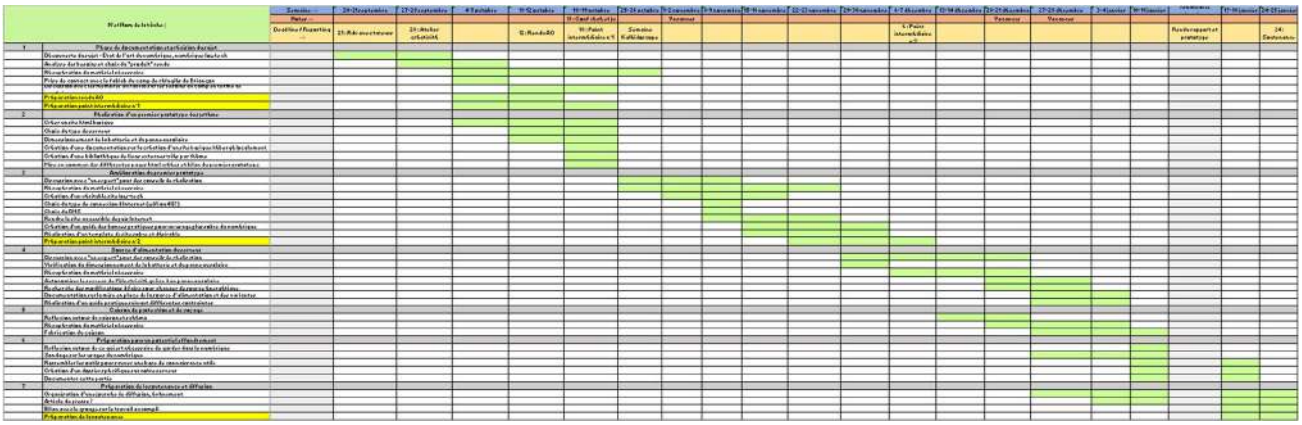
Nous organiserons un temps de rencontre et d'échange autour du low-tech numérique dans l'école car c'est un cercle dans lequel il est facile d'avoir de l'impact et des echos, et que le publique en question sera amené en partie à participer au numérique de demain.

3. Chercher une visibilité médiatique

Nous pouvons aussi chercher à présenter notre systèmes à des médias parlant de low-tech, comme le low-tech journal, ou des médias parlant de numérique, pour donner un écho à ce système.

5. Conditions de réalisation de l'étude

Diagramme de GANTT



Capture d'écran du diagramme de GANTT

Pour plus de détails du diagramme, voir annexe 1

Analyse des risques et solutions mises en place

Analyse des risques

Analyse de risques

Probabilité du risque	Très probable	Manque de compétences techniques	Pas d'accès au toit de l'école pour mettre le serveur	
	Probable	Composant impossible à trouver Composant défectueux	Ne pas faire un site low-tech Prise de retard	Impossibilité technique
	Peu probable	Conflit au sein de l'équipe	Problème de dimensionnement	Membre.s ne pouvant pas continuer le projet
		Limité	Moyen	Important
		Gravité du risque		

Solutions mises en place

Conflit au sein de l'équipe : Nous sommes tou.te.s matures pour gérer ce genre de situation sans que le projet soit significativement impacté

Composant impossible à trouver en récupération : Possibilité d'acheter d'occasion le composant en dernier recours

Composant défectueux : Tous les composants seront testés avant de les assembler, s'il y en a un défectueux, on en trouve/achète un autre

Problème de dimensionnement : Dimensionnement simple, de plus nous nous laissons une marge de manœuvre

Manque de compétences techniques : Notre équipe dispose de beaucoup de contacts d'experts en numérique qui pourront nous conseiller et nous guider si besoin

Ne pas faire un site low-tech : Nous ferons attention à ne pas tomber dans « un site low-tech seulement d'apparence », le risque se trouve dans le contenu que nous choisirons de mettre sur notre site

Prise de retard : Si c'est nécessaire, nous travaillerons plus en dehors des créneaux de projet

Pas d'accès au toit de l'école : Nous disposerons le dispositif chez l'un.e d'entre nous

Membre.s ne pouvant pas continuer le projet : Nous nous repartagerons la charge de travail

Impossibilité technique : Si jamais ce qu'on veut faire s'avère impossible techniquement, on pourra faire appel à des experts

Coût de l’étude

Coûts du projet sur 1 an	
Main d'œuvre	0 €
Panneaux solaires	0 €
Fil de raccord	0 €
Onduleur	60 €
Forfait internet	120 €
Téléphones de récupération	0 €
Caisson	0 €
Cartes SD	0 €
Total	180 €

Pour la première année, notre projet coûterait entre 160 et 200 €. Beaucoup de composants étant issus de la récupération, nous ne payerons pas ou peu pour nous les procurer.

Conditions particulières

Le projet Numérique Low-tech ne possède pas de conditions particulières.

N°et Nom de la tâche ↓		Semaine →	20-21 septembre	27-28 septembre	4-5 octobre	11-12 octobre	18-19 octobre	25-26 octobre	1-2 novembre	8-9 novembre	15-16 novembre	22-23 novembre	29-30 novembre	6-7 décembre	13-14 décembre	20-21 décembre	27-28 décembre	3-4 janvier	10-11 janvier	Vendredi 13 janvier	17-18 janvier	24-25 janvier
		Notes →					18 : Conf cécé et ju		Vacances							Vacances	Vacances					
		Dead line / Reporting →	21 : Rdv avec tuteurs	28 : Atelier créativité		12 : Rendu AO	18 : Point intermédiaire n°1	Semaine Kaléidoscope						6 : Point intermédiaire n°2						Rendu rapport et prototype		24 : Soutenance
1	Phase de documentation et précision du sujet																					
	Découverte du sujet - Etat de l'art du numérique, numérique low tech																					
	Analyse des besoins et choix du "produit" rendu																					
	Récupération du matériel nécessaire																					
	Prise de contact avec le fablab du camp de réfugiés de Briançon																					
	Discussion avec les membres du fablab sur les besoins du camp en terme de numérique																					
	Préparation rendu AO																					
	Préparation point intermédiaire n°1																					
2	Réalisation d'un premier prototype du système																					
	Créer un site html basique																					
	Choix du type de serveur																					
	Dimensionnement de la batterie et du panneau solaire																					
	Création d'une documentation sur la création d'un site basique hébergé localement																					
	Création d'une bibliothèque de liens externes triés par thème																					
	Mise en commun des différentes pages html créées et bilan du premier prototype																					
3	Amélioration du premier prototype																					
	Discussion avec "un expert" pour des conseils de réalisation																					
	Récupération du matériel nécessaire																					
	Création d'un véritable site low tech																					
	Choix du type de connexion à internet (wifi ou 4G?)																					
	Choix du DNS																					
	Rendre le site accessible depuis internet																					
	Création d'un guide des bonnes pratiques pour un usage plus sobre du numérique																					
	Réalisation d'un template de site sobre et désirable																					
	Préparation point intermédiaire n°2																					
4	Source d'alimentation du serveur																					
	Discussion avec "un expert" pour des conseils de réalisation																					
	Vérification du dimensionnement de la batterie et du panneau solaire																					
	Récupération du matériel nécessaire																					
	Autonomiser le serveur de l'électricité grâce à un panneau solaire																					
	Recherche des modifications à faire pour changer de source énergétique																					
	Documentation sur la mise en place de la source d'alimentation et des variantes																					
	Réalisation d'un guide pratique suivant différentes contraintes																					
5	Caisson de protection et de voyage																					
	Reflexion autour du caisson et schéma																					
	Récupération du matériel nécessaire																					
	Fabrication du caisson																					
6	Préparation pour un potentiel effondrement																					
	Reflexion autour de ce qui est nécessaire de garder dans le numérique																					
	Sondage sur les usages du numérique																					
	Rassembler les outils pour sauver une base de connaissance utile																					
	Création d'un dossier spécifique sur notre serveur																					
	Documenter cette partie																					
7	Préparation de la soutenance et diffusion																					
	Organisation d'une journée de diffusion, évènement																					
	Article de presse ?																					
	Bilan avec le groupe sur le travail accompli																					
	Préparation de la soutenance																					

B Fictions de lownum

Voici 3 courtes fictions écrites au cours du programme lownum. Vous pouvez les retrouver à l'adresse suivante : `https://lownum.fr/co/sict.html`

B.1 OSlow

La corde tinte en frappant le mat lorsque Mélaine hisse le pavillon de VakitaCorp. Il jette un regard sur le voilier-cargo. Les caisses sont bien arrimées sur le pont. C'est jour de départ.

Le mois dernier, les membres de l'équipage ont participé à une formation pour apprendre à utiliser les vieux ordis de récup qu'ils embarquent avec eux. Un portable installé dans un caisson étanche, un ordiphone pour avoir un peu de connexion de temps en temps, un autre bricolé avec une webcam qui sert de prise de vue, de GPS et de traitement pour le sonar qu'Éléa a réussi à connecter. Éléa c'est la formatrice du centre de réaffectation électronique, elle leur a appris à se servir des fonctions dont ils ont besoin : les cartes de navigations, les prévisions météo, les docs techniques, le carnet de bord et l'envoi de mails. Il y a aussi une bibliothèque de bouquins électroniques, mais pour la musique ils lui avaient dit : Laisse tomber, on a les guitares de Jean et Louis, le djembé de Corine et les voix d'un peu tout le monde. Mélaine n'est pas super à l'aise avec tous ces outils, mais là, ça va, avec Éléa ils ont fait une config adapté à ses usages, du coup, il y a pas cinquante mille trucs à se rappeler.

Tout tourne sur OSlow, un système conçu pour faire fonctionner n'importe quelles machines, même les plus vieilles. Mélaine est bien obligé de faire de la récup, il a investi toutes ses économies pour le bateau, et vu le prix des équipements électroniques neufs aujourd'hui, même pas besoin de parler d'écologie !

Hier les panneaux solaires étaient en rade, la connexion était pourrie, ils étaient assez loin de la côte, mais, en se rapprochant un peu, ils ont réussi à organiser un dépannage à distance, juste en envoyant des photos basse résolution et en échangeant du texte via un serveur de chat compatible Matrix.

B.2 httpslow ://

La semaine Charlène produit des supports de cours pour Educoopop, une SCOOP de formation, et le week-end elle descend de sa maisonnette un peu isolée dans la montagne pour faire de la formation aux enjeux écologiques en bénévolat pour l'UPLOAD. La chaîne éditoriale Scenari que Charlène utilise produit deux versions des contenus web, une super légère, chaque page fait moins de 100 ko et une plus complète avec plus d'exemples et d'images. Le protocole httpslow :// qu'implémente le serveur d'Educoopop permet aux navigateurs compatibles de demander la version de leur choix. Mais par défaut, c'est la version légère qui est renvoyée, ceux qui veulent la version complète doivent implémenter le protocole httpslow et la demander explicitement, ça permet au protocole de se diffuser... Certains trouvaient que c'est un peu trop "militant" comme approche, mais depuis que Wikipédia a décidé de faire pareil, ça passe tout seul ! Prochaine étape ? Le premier ministre a annoncé que toutes les pages institutionnelles et tous les formulaires administratifs implémenteraient httpslow.

B.3 Bibli'low'box

Alberto se rend tous les dimanches aprem à la médiathèque du tiers-lieu "The place to be... happy" de Compiègne qui est membre du réseau d'éducation populaire UPLOAD et co-géré par Picasoft. Là-bas Alberto peut profiter d'une connexion Internet. Une fois ses mails relevés et la liste des trucs administratifs chiants à faire bouclée, il chine un ou deux romans et quelques films. Alberto regarde aussi s'il y a des nouveaux tuto pour son jardinage. Il dépose ensuite des demandes de plans pour réparer des objets cassés que lui rapportent ses amis, et il vérifie que ses demandes précédentes n'ont pas trouvé de réponse, mais ça a plutôt tendance à s'accumuler les demandes, parce que les

plans c'est pas si facile à trouver pour les vieux trucs. Ça pour construire des machines, il y avait du monde, mais pour faire des docs claires et les archiver proprement, c'est autre chose ! Voilà, de retour chez lui, ses voisins en bénéficieront direct. Il y aura aussi les gens qui la consulteront au parc, ça c'est quand il fait beau, et en Picardie, autant dire presque tout les jours avec le changement climatique. Le soir, c'est au café qu'il laisse trainer sa biblio'low'box dans un coin. Il aime bien quand à une table à côté de lui ça parle du dernier roman qu'il a lu ou d'un conseil pour économiser l'eau qu'il a posé en "must read" sur la page d'accueil de sa biblio'low'box. Il aime bien aussi quand les gens lui paye un verre pour la remercier. Free as a bird AND free as a beer.

C Rapport sur l'application dans les camps de réfugiés

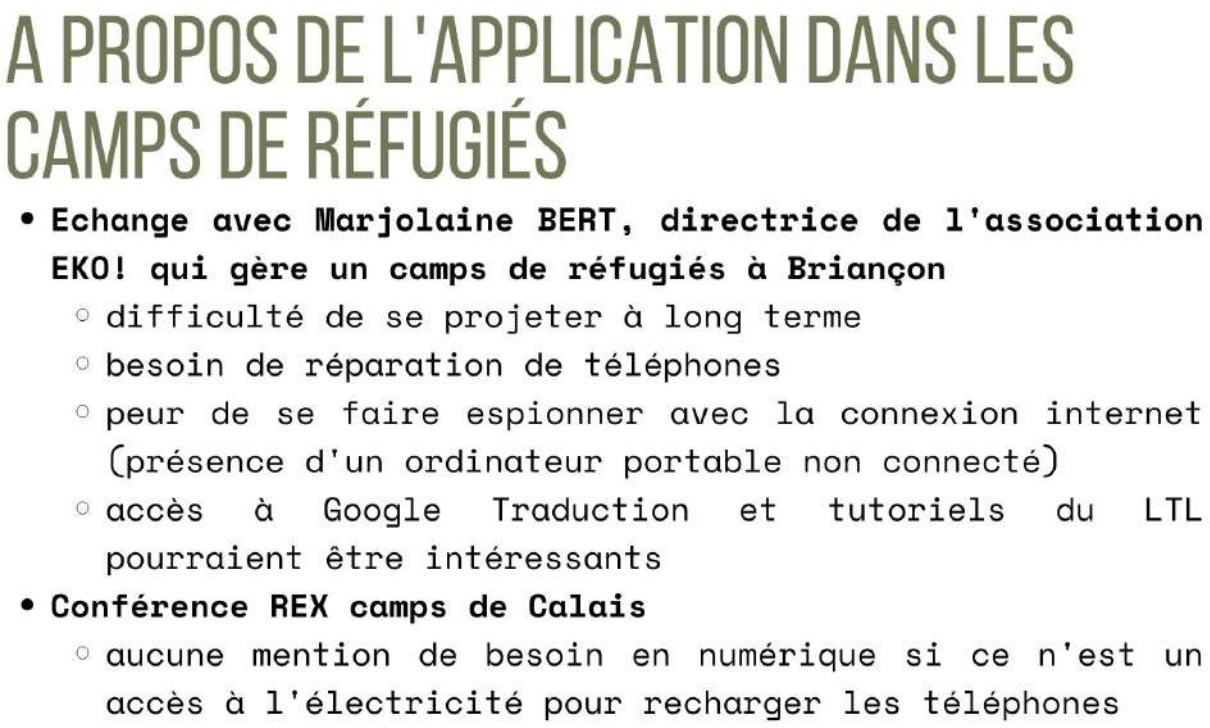


FIGURE 27 – Rapport sur l'application dans les camps de réfugiés

D Analyse hiérarchique multicritère pour le choix du serveur

Tableau de choix du support du serveur

	Durable				Accessible			Utile		
Critère	**Récupérabilité**	**Simplicité de production**	**Consommation en énergie et matériel d'alimentation induits**	**Réparabilité**	**Facilité d'installation**	**Facilité d'utilisation et rapport de domination**	**Coût et coût induits**	**Mobilité**	**Modulabilité**	**TOTAL**
	La durabilité peut être envisagé sous l'ange de la récupérabilité : on cherchera à ne pas acheter de neuf, et si possible ne rien acheter du tout. Ici il est nécessaire d'envisager le niveau de récupérabilité dans d'autres zones géographique du monde	La durabilité peut aussi être envisagé sous l'angle de l'éco-conception, le minimaliste de la production : « y a t'il juste le nécessaire ? ». Ce critère peut-être important si l'on imagine une planification et un rationnement de la production électronique, pour ne garder que l'essentiel	D'un point de vu technique, nous cherchons à limiter l'énergie consommer par le système, pour limiter les besoins en batterie et maximiser sa durabilité. Nous limiterons aussi les équipement nécessaire à d'éventuelles transformation électrique	La durabilité et l'accessibilité peuvent être déterminée par la réparabilité du système : est-il facile à réparer ou est-il facile de remplacer des pièces du système, voir toute la pièce.	Ce critère évalue la difficulté de mise en place du serveur implique par le support, tant au niveau hardware que software : connectique, logiciel, programmation, documentation etc. Cette mise en place se veut accessible par n'importe qui, et pas réservé à des sachant	Dans ce critère, on se concentrera sur l'usage en quotidien du système. La mobilité est évaluée dans un critère séparé. On définira si l'usage de l'appareil est « simple » et limite les rapports de domination liée à la technologie	Le coût est généralement un critère important dans tout projet. Si ici la récupérabilité tend à diminuer sa pertinence, nous nous pencherons aussi sur les coûts induits par ces choix technologiques, car ils entraînent souvent l'achat d'autres produits	Nous souhaitons rendre le système un maximum mobile pour répondre à des situations instable et permettre un usage plus communautaire que personnel.	Le système doit être modulable et permettre ainsi une diversité d'usage pour s'adapter à une grande variété de besoin	
Pondération du critère	**5**	**2**	**5**	**3**	**3**	**2**	**4**	**4**	**3**	
	Plutôt que sur la simplicité de production, nous misons sur la récupérabilité pour limiter l'impact dès maintenant et ne pas encourager un système mortifère	La simplicité de production nous semble être un critère pertinent uniquement si un changement systémique a déjà été opéré, changement dans lequel la production n'est plus basé uniquement sur la recherche de profit et est outillée pour éviter les effets rebonds	La consommation d'énergie et la tension est déterminante dans le choix du serveur. En effet, elles ont des conséquences sur le dimensionnement de la batterie et du panneau solaire, ainsi que sur d'éventuel boiter supplémentaire.	La réparabilité est intéressante pour choisir notre objet. Elle est à déterminer selon plusieurs critères : objet démontable, objet modulable, facilité d'accès à des pièces de rechange, simplicité de conception, documentation existante	La facilité d'installation est difficile à déterminer à priori. Elle va beaucoup dépendre de la qualité de la documentation que nous seront capable de fournir.	Si la facilité d'utilisation est théoriquement importante, un serveur bien installé est « transparent » pour l'utilisateur, il n'y aura donc pas de grande différence d'utilisation	Le coût est un critère primordiale. Bien qu'en apparence moins pertinent grâce à la récupération, le choix de serveur induit de nombreux coûts supplémentaires sur le système (transformation d'électricité, batteries, panneaux solaires)	La mobilité du serveur est un critère nécessaire à son utilité dans de nombreuses situation	Ce critère est relativement important pour mieux répondre au besoin mais est assez adaptable	
Tour d'ordinateur	4	4	1	4	4	3.5	3	1	5	95

	Il est facile de récupérer ou d'acheter à bas coût un vieille ordinateur	Un ordinateur, bien que complexe, reste un des produit le plus simple à produire, et peut minimiser la quantité de micro et nano technologie. C'est l'unité de base de l'informatique	200W → L'ordinateur s'alimente en 230V, il faut donc un onduleur (convertisseur DC/AC) pour le faire fonctionner. Ce boitier est particulièrement couteux et difficile à récupérer.	Une tour d'ordinateur est particulièrement démontable, modulable et il est possible de remplacer ses composants.	Large documentation sur l'auto-hébergement sur un ordinateur, usage relativement simple	Fonctionnel, de nombreux logiciels disponible, branchement simple. Demande d'ajouter un écran et un clavier ou de maîtriser SSH pour les maintenance ce qui limite la prise en main par le plus grand monde, mais bien documenté	100€ neuf mais facilement récupérable/ achat d'occasion. Cette solution induit néanmoins des achats supplémentaire de convertisseur DC/AC couteux, même d'occasion et difficilement récupérable dans le cadre d'une alimentation solaire	Non mobile	La tour d'ordinateur est particulièrement modulable (nombreuse prise, possibilité d'adapter les composants interne, etc)	
PC portable	4	3	2	2	4	4	3	3	4	98
	Il est facile de récupérer ou d'acheter à bas coût un vieille ordinateur portable	Un PC portable est plus complexe à produire qu'une tour d'ordinateur : plus compact, il impose un niveau de technologie plus élevé tout en étant moins réparable et modulable	80 W → Deux mode d'alimentation sont disponible : soit en courant alternatif 230V et donc demande un onduleur, soir après le transformateur, en général en 19 ou 20V	Un PC portable est beaucoup plus techniques à réparer avec peu de compétences : plus difficilement démontable, moins modulable, plus difficile de trouver la bonne pièce.	Bonne documentation sur l'auto-hébergement sur ordinateur, facilement réalisable	Fonctionnel, de nombreux logiciels disponible, branchement simple. Ecran intégré qui n'oblige pas à passer par SSH.	120€ neuf mais facilement récupérable, achetable d'occasion. Induit néanmoins soit l'achat d'un convertisseur DC/AC soit un convertisseur DC/DC (l'ordinateur fonctionnant généralement en 19V)	Mobilité envisageable mais encombrant et lourd (grosse batterie, dépendance au wifi)	Un PC portable est plutot modulable : plusieurs branchement. Il y a moins de modulabilité interne	
Carte raspberry pi	2	5	5	3	4	3.5	4	5	4	121
	Il est peu probable de récupérer facilement une carte raspberry, notamment en fonction de notre zone géographique. Son achat, bien qu'abordable, reste un frein potentiel à l'accessibilité	Une carte raspberry, bien qu'impliquant une technologie assez fine pourrait être envisagé comme unité de base d'un numérique plus sobre : simple, petite, limité en puissance, modulable, open source.	2,5 W → On peut l'alimenter en USB 5V	Une carte raspberry n'est pas faite pour être réparer facilement, néanmoins elle présente peu de composants donc pourrait l'être avec des connaissances en électronique, et peu être remplacé facilement	Large documentation sur l'auto-hébergement sur une raspberry pi, usage relativement simple	Fonctionnel, de nombreux logiciels disponible, branchement simple. Demande d'ajouter un écran et un clavier ou de maîtriser SSH pour les maintenance ce qui limite la prise en main par le plus grand monde, mais bien documenté	40€ neuf, mais peu facilement récupérable. La carte s'alimentant en USB, elle ne nécessite pas ou peu d'achat supplémentaires	Très mobile, peu de composants lourds, facilement modulable et adaptable	Une carte raspberry pi est plutot modulable : quelques branchement permettent les usages courants	
Smartphone	5	1	5	3.5	3	3	5	5	2	123.5

Le smartphone est une des technologies la plus répandue aujourd'hui dans le monde et est très facilement récupérable, n'importe où dans le monde	Le smartphone est le mauvais élève de la simplicité de production, c'est un objet hautement technologique ne correspondant pas à un usage sobre du numérique	2 W → On peut l'alimenter en USB 5V	Il existe beaucoup de tutoriel pour réparer des smartphone, et des fournisseurs de pièces existent, mais la réparation reste assez techniques et les pièces spécifiques. Le smartphone en lui même peut être remplacé facilement.	Faible documentation sur l'autohébergement sur portable, réalisation facilité par l'utilisation d'application open source, techniquement facilement réalisable. Technologie plus accessible car plus commune et familière	Fonctionnel, peu de logiciels disponible, peu de branchement mais usage ergonomique pour des néophytes. Ecran intégré. Peu de documentation pour modifier plus profondément le système.	40€ neuf, facilement récupérable. La carte s'alimentant en USB, elle ne nécessite pas ou peu d'achat supplémentaires	Très mobile, peu de composants lourds, facilement modulable et adaptable. Accès internet via la 4G et le partage de connexion	Un smartphone est peu modulable : une seule prise qui sera utilisé pour la charge, le reste des usage doit passer par la wifi, les données cellulaire ou le bluetooth

Une note entre 1 et 5 est donnée pour chaque critères. Une justification de cette note est donnée en dessous (afficher les lignes masquées : tout sélectionner > clic droit sur les numéros de lignes à gauche > afficher les lignes)

Conclusion : selon la pondération proposé par l'équipe de projet, le smartphone est la meilleure solution. Cette pondération est à valider avec les porteurs de projet

NOTE : Les avantages et desaventage de différentes méthodes d'hébergement sont proposée ici : https://homebrewserver.club/choosing-a-homebrew-server.html)

E Analyse hiérarchique multicritère pour le choix de l'alimentation

Choix de l'alimentation

Contexte de la prise de décision

Cette décision s'inscrit dans le cadre du projet fil rouge du semestre PISTE : « Numérique Low-tech ». Ce projet a pour but d'imaginer et de créer de nouvelles façon d'aborder le numérique, dans un monde en contraction énergétique et en diminution des ressources disponibles. Nous avons donc imaginé une box que l'on nomme Dominik, et qui permette de satisfaire des besoins essentiels du numérique avec peu de ressources, notamment en hébergeant des données sur un serveur local. Le but de cette décision est de choisir quel type d'alimentation permettra d'alimenter Dominik en énergie.

Ce choix vient après celui du choix du type de serveur, à savoir sur un téléphone portable. La décision a été prise entre les membres du projet, puis validée par notre porteur de projet, Romain Couillet, chercheur au LIG.

Cette décision est importante pour le projet, car elle a une grande influence sur l'utilisation de Dominik. Il faut que cette alimentation puisse être mobile comme la box, qu'elle permette à l'utilisateur d'avoir accès à cet énergie le plus souvent possible, à frais très réduit, que la technologie soit accessible, conviviale, low-tech, etc… pour que cette alimentation reste en phase avec l'esprit du projet, tout en restant assez performante.

Critères de choix

Pour être sûr de faire le choix le plus pertinent selon nous, on propose de se fixer les critères suivants :

Autonomie du système
Le produit doit permettre au système complet de marcher de manière autonome, et permettre au serveur de s'affranchir du réseau électrique pour fonctionner.

Fiabilité
Le produit doit assurer une alimentation du serveur la plus continue possible.

Récupérabilité
Le produit doit être accessible en récupération ou d'occasion, et de préférence de manière assez répandue dans le monde pour que ce soit le cas en un maximum d'endroit.

Simplicité de production et d'utilisation
Le produit doit être simple à produire et à utiliser, pour que les utilisateurs ne soient pas réticents son usage.

Transportabilité/Encombrement
Le produit doit pouvoir être transporté de manière simple par une seule personne.

Solutions envisagées

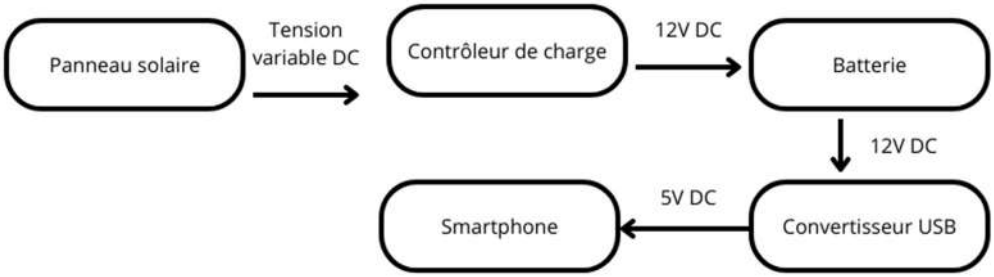
Pour satisfaire cette demande d'alimentation et respectant les critères ci-dessus, 4 solutions ont été envisagées :

- **Piste 1 : Connexion réseau**

Description : L'alimentation réseau consisterait à brancher notre serveur simplement sur le réseau à l'aide d'un chargeur classique.
Intérêt : Très facile à se procurer le matériel et à mettre cela en place dans un monde avec énergie continue.
Défaut : N'est pas du tout adapté à un monde en contraction énergétique. De plus, ce n'est pas transportable en milieu non alimenté en énergie.
Montage :

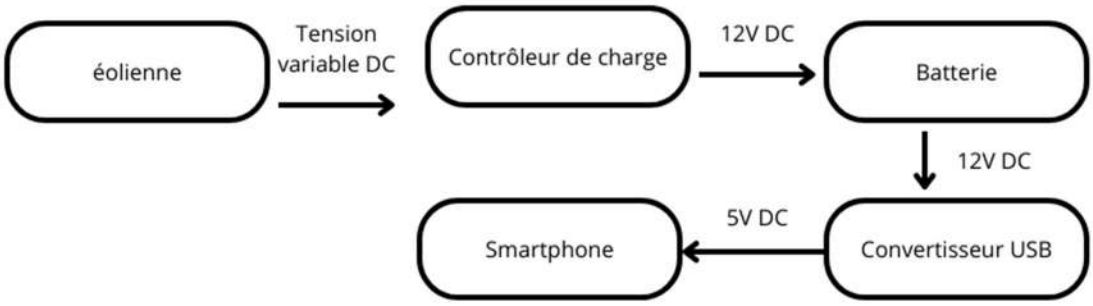
- **Piste 2 : Panneau solaire**

Description : Alimenter notre serveur à l'aide d'un panneau solaire branché sur une batterie tampon.
Intérêt : Facile à récupérer et monter, facilement transportable, autonome.
Défaut : Fourniture en électricité non garantie 100 % du temps.
Montage :



- **Piste 3 : éolienne transportable**

Description : Alimenter notre serveur à l'aide d'une éolienne branchée sur une batterie tampon.
Avantage : autonome.
Défaut : Encombrement, difficile de trouver les composants (alternateur et contrôleur éolien), difficile à réaliser, Fourniture en électricité non garantie 100 % du temps, trop faible puissance.
Montage :



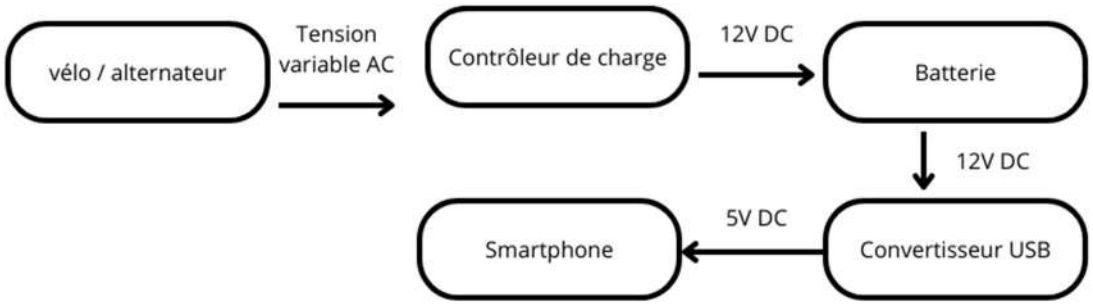
- **Piste 4 : un vélo générateur**

Description : Alimenter notre serveur à l'aide d'un vélo muni d'un alternateur. Cette idée nous vient de Yoan Svejcar de « La voie des écolieux " lors d'une expérience dans un écovillage en Inde.

Intérêt : Autonome tout en permettant une meilleure fiabilité que les panneaux solaires et l'éolienne.

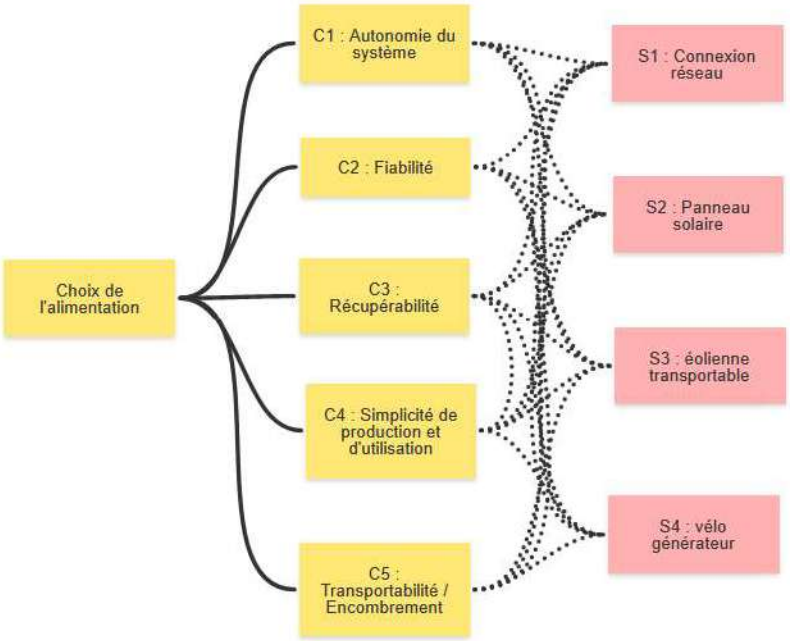
Défaut : Difficile à monter (c'est un projet à part entière), encombrant, et nécessite des modules difficiles à trouver (alternateur et contrôleur éolien). Nécessite un temps de pédalage.

Montage :



Hiérarchie

Pour résumer le choix qui s'offre à nous, on peut le résumer selon la hiérarchie suivante :



Calcul des poids de chaque critère

Un fixe la matrice de préférence des critères suivante :

↗	C1	C2	C3	C4	C5
C1	1	6	8	8	6
C2	0.17	1	0.25	0.25	1
C3	0.13	4	1	1	4
C4	0.13	4	1	1	4
C5	0.17	1	0.25	0.25	1

La normalisation de la matrice donner les pondérations suivantes :

↗	C1	C2	C3	C4	C5	Somme ligne	Poids du critère
C1	0.63	0.38	0.76	0.76	0.38	2.905388471	0.581077694
C2	0.11	0.06	0.02	0.02	0.06	0.277882206	0.055576441
C3	0.08	0.25	0.1	0.1	0.25	0.769423559	0.153884712
C4	0.08	0.25	0.1	0.1	0.25	0.769423559	0.153884712
C5	0.11	0.06	0.02	0.02	0.06	0.277882206	0.055576441
	1	1	1	1	1		

Calcul du poids de chaque solution par critère

Pour chaque critère, on fixe les matrices de préférence de chaque solution.

Critère C1

↗	S1	S2	S3	S4
S1	1	0.14285714	0.14285714	0.2
S2	7	1	1	3
S3	7	1	1	3
S4	5	0.33333333	0.33333333	1

Critère C2

↗	S1	S2	S3	S4
S1	1	4	4	1
S2	0.25	1	1	0.25
S3	0.25	1	1	0.25
S4	1	4	4	1

Critère C3

↗	S1	S2	S3	S4
S1	1	3	5	5
S2	0.33333333	1	3	3
S3	0.2	0.33333333	1	1
S4	0.2	0.33333333	1	1

Critère C4

↗	S1	S2	S3	S4
S1	1	2	4	4
S2	0.5	1	3	3
S3	0.25	0.33333333	1	1
S4	0.25	0.33333333	1	1

Critère C5

↗	S1	S2	S3	S4
S1	1	1	3	3
S2	1	1	3	3
S3	0.33333333	0.33333333	1	1
S4	0.33333333	0.33333333	1	1

La justification des choix pour les matrices de préférence ci-dessous :

Critère	Autonomie	Fiabilité	Récupérabilité	Simplicité de production	Transportabilité
Secteur	Le gros problème du branchement du système sur une prise secteur, est qu'il ne s'adapte qu'aux cas où l'électricité est abondante, où lorsqu'il n'y a pas d'accès au réseau, et n'offre donc aucune indépendance.	Avec l'hypothèse d'une électricité abondante, la question de la continuité du service est évitée.	Ici, la seule chose à récupérer serait un portable et son chargeur, ce qui est très facile.	Il n'y a pas de fabrication de système de production d'énergie à proprement parler.	Notre système portable + chargeur tient dans une poche, il faut juste une prise à l'endroit où l'on se place.
Solaire	L'autonomie est totale ici. On ne dépend pas du réseau électrique et on se sert d'une énergie renouvelable, sans besoin d'intervention humaine.	L'intermittance de l'ensoleillement ne nous garantie pas un disponibilité en énergie 100% du temps pour ce système.	Il est assez simple de se procurer du matériel photovoltaique d'occasion, mais tout le monde n'en a pas chez soi.	La seule manipulation une fois les composants acheté est de les connecter entre eux.	Le système photovoltaique est peu encombrant et pas lourd.
Éolienne	L'autonomie est totale ici. On ne dépend pas du réseau électrique et on se sert d'une énergie renouvelable, sans besoin d'intervention humaine.	L'intermittance du vent ne nous garantie pas un disponibilité en énergie 100% du temps pour ce système.	Le gros problème de récupérabilité ici est le contrôleur de charge éolien basse puissance. L'alternateur peut aussi l'être.	Ici, il ne s'agit pas juste de connectique, il y a tout un aspect mécanique qui nécessite l'accès à du matériel spécifique et de bonnes notions en bricolage.	Une éolienne est souvent plus grosse que ce que l'on imagine pour une puissance donnée. Avec une solution non-démontable, on est vite encombré...
Vélo générateur	Ici, l'aspect pratique est que si la batterie est presque vide, il suffit de pédaler pour la remplir. Mais cela nécessite une action humaine chronophage, fragilisant l'autonomie du système.	Le fait de pouvoir recharger à tout moment permet une fiabilité maximale	Le gros problème de récupérabilité ici est le contrôleur de charge éolien basse puissance. L'alternateur peut aussi l'être.	Ici, il ne s'agit pas juste de connectique, il y a tout un aspect mécanique qui nécessite l'accès à du matériel spécifique et de bonnes notions en bricolage.	Un vélo + un support fixe + le poids de l'alternateur... je vous laisse imaginer. Transportable à une seule personne mais compliqué.

Calcul de la note finale

Pour le calcul de la note finale de chaque solution, nous effectuons le calcul suivant :

$$S_n = \sum_{i=1}^{5} C_i \times C_i(s_n)$$

Où Sn est la note finale de la solution n, Ci la pondération du critère i, et ci(sn) la note de la solution n pour le critère si.

On trouve les notes suivantes :

S1	0.23094636
S2	0.33958725
S3	0.27294751
S4	0.15651888

Conclusion

Selon nos critères et leur importance, c'est la solution de l'alimentation panneau solaire que nous retiendrons. Cependant, cette solution dépend de nos critères et de nos préférences de critères. Dans une situation au contexte différent, la solution retenue pourrait être différente. Enfin, cette étude ne prend en compte ni d'étude sur la sensibilité des critères, et l'incertitude des notes finales par logique floue.

F Calculateur de dimensionnement d'installation solaire de faible puissance

Voici une méthode pas à pas permettant de calculer les caractéristique des composants de votre installation solaire de faible puissance.

1. Calculer la consommation électrique moyenne de votre dispositif électrique (W). Pour cela, différentes méthodes peuvent être adaptées.
   — Il est possible que votre dispositif ait une consommation stable indiquée sur sa documentation.
   — Il est parfois possible de la calculer théoriquement selon les données que vous trouverez sur le web.
   — Expérimentalement : faites tourner votre dispositif en conditions d'utilisation que vous jugez extrêmes mais acceptables d'utilisation. Relever l'énergie E_{conso} (Wh) consommée sur une période de référence T_{ref} (h). Calculez la puissance moyenne $P_{moy} = E_{conso}/T_{ref}$ (W). Si cette puissance est trop élevée, redéfinissez l'acceptabilité des conditions extrêmes.
2. Grâce au Logiciel Calsol [1], définir l'irradiation solaire globale (IGP) (pour angle de panneau adapté) en conditions d'utilisation que vous jugez extrêmes mais acceptables d'utilisation. Si l'IGP est trop faible, redéfinissez l'acceptabilité des conditions extrêmes.
3. Définissez la période d'autonomie minimum de votre dispositif $T_{decharge}$ (h) et la période de recharge complète de la batterie minimum $T_{recharge,j}$ (jour) et $T_{recharge,h}(heure)$, puis définissez la rendement moyen de votre panneau solaire η (%), et un facteur d'incertitude i (%). On prendra souvent $\eta = 15\%$ [2],et $I = 20\%$.
4. Calcul de la capacité de la batterie : $C = P_{moy} * T_{decharge}$
   Remarque : cette capacité peut inclure la batterie du smartphone dans le cas du dimensionnement d'un serveur-smartphone.
5. Calcul de la surface de panneau :

$$S = (1 + i) * \frac{C - P_{moy} * T_{recharge,h}}{IGP * T_{recharge,j} * \eta}$$

6. Calcul de la puissance maximale du système pour le choix du régulateur :

$$P_{max} = S * \eta * 1000$$

7. Une fois votre panneau acheté, relever sa tension de puissance maximale U(V). Le courant maximal sera $I = P_{max}/U$. Utilisez un calculateur [3] ou une formule pour déterminer la section de câble adaptée pour votre utilisation.

G Analyse hiérarchique multicritère pour le choix du caisson

1. http ://ines.solaire.free.fr/
2. On fera l'hypothèse que le panneau produit toujours à ce rendement.
3. par exemple https ://commentcalculer.fr/calcul/section-cable/

Choix de la box

Nous choisissons ici quel type de matériau utiliser pour réaliser concrètement le support “box” de notre serveur internet.

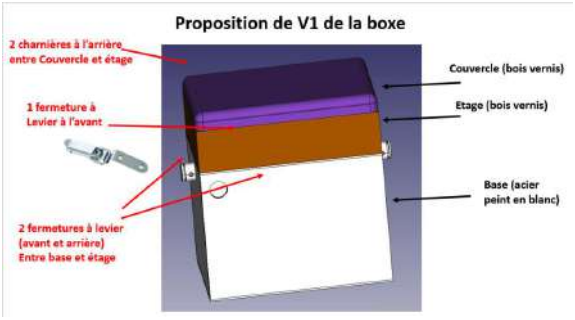
Piste 1 : Création artisanale acier/bois

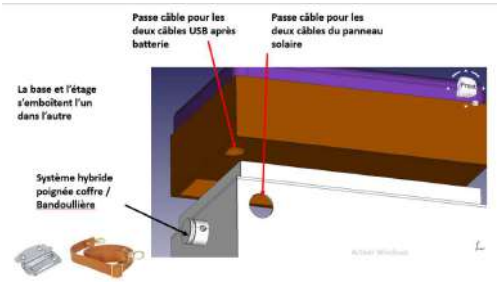
Description : Cette solution consiste à créer notre boxe de A à Z à partir de matériaux bruts type acier et bois.

Intérêt : On peut dimensionner la boxe comme on le souhaite, et choisir les matériaux et les dimensions en fonction de ce qui nous arrange.

Défaut : Si nous voulons faire un prototype réplicable pour le grand public, cela paraît plus compliqué niveau conception pour tout un chacun (soudure notamment). De plus les coûts sont plus élevés.

Illustration :





Piste 2 : glacière de récupération

Description : Un autre idée consiste à récupérer une glaciaire en plastique de seconde main, et de l'aménager afin de recevoir notre installation.

Intérêt : Accessible en terme de compétences et de prix. Potentiellement plus étanche.

Défaut :Nécessite d'adapter la phase de création en fonction des dimensions de la glacière récupérée.

Illustration :

Piste 3 : Sac à dos

Description : L'idée serait de mettre directement le matériel dans un sac à dos de récupération.

Intérêt : Très transportable et ne nécessite aucun effort de design.

Défaut : Composants plus « en vrac » dans le sac. Si nous voulons un système étanche, il faut construire un caisson d'étanchéité, ce qui complexifie amplement la tâche.

Critères de choix

Pour être sûr de faire le choix le plus pertinent selon nous, on propose de se fixer des critères et d'établir un tableau comparatif des différentes notations obtenues par les 3 solutions techniques

Difficulté technique

Le produit doit nécessiter un savoir faire et un équipement raisonnable pour être produit.

Accessibilité

Les matériaux de production doivent être facilement trouvables, et peu chers.

Dimensions adaptées

Le support doit pouvoir être adapté à notre usage en terme de dimensions.

Étanchéité

Doit permettre au matériel de ne pas être endommagé si le caisson est exposé directement à la pluie.

Perméabilité életromagnétique

Le caisson ne doit pas entraver la diffusion et récéption des ondes électromagnétiques, notamment par des parois métalliques.

Aspect esthétique "convivial"

Le produit doit nécessiter un savoir faire et un équipement raisonnable pour être produit.

Coefficient d'importance

Pour bien fixer les coefficient d'importance, on fait une Analyse multicritère hiérarchique. Nous décidons de mettre tous les critères au même niveau hiérarchique.

On obtient la matrice de préférence suivante :

Matrice de préférence						
↗	Difficulté technique	Accessibilité	Dimension adaptées	Étanchéité	Perméabilité életromagnétique	Esthétique « conviviale »
Difficulté technique	1	0.25	0.333333333	0.125	0.125	0.25
Accessibilité	4	1	2	0.25	0.25	1
Dimension adaptées	3	0.5	1	0.2	0.25	0.5
Étanchéité	8	4	5	1	1	4
Perméabilité életromagnétique	8	4	5	1	1	4
Esthétique « conviviale »	4	1	2	0.25	0.25	1

Ce qui nous donne via la normailsation les coefficients suivants :

Matrice de préférence normailsée							
↗	Difficulté technique	Accessibilité	Dimension adaptées	Étanchéité	Perméabilité életromagnétique	Esthétique « conviviale »	Coefficient par critère
Difficulté technique	0.035714286	0.023255814	0.02173913	0.044247788	0.043478261	0.02325581	0.03194852
Accessibilité	0.142857143	0.093023256	0.130434783	0.088495575	0.086956522	0.09302326	0.10579842
Dimension adaptées	0.107142857	0.046511628	0.065217391	0.07079646	0.086956522	0.04651163	0.07052275
Étanchéité	0.285714286	0.372093023	0.326086957	0.353982301	0.347826087	0.37209302	0.34296595
Perméabilité életromagnétique	0.285714286	0.372093023	0.326086957	0.353982301	0.347826087	0.37209302	0.34296595
Esthétique « conviviale »	0.142857143	0.093023256	0.130434783	0.088495575	0.086956522	0.09302326	0.10579842

Tableau de choix

Tableau de choix pour la boxe

Note (/5)	0	1	2	3	4	5		
Critère		Difficulté technique	Accessibilité	Dimension adaptées	Étanchéité	Perméabilité életromagnétique	Esthétique « conviviale »	Note totale (/5)
Coefficient		0.031948515	0.105798422	0.070522748	0.342965946	0.342965946	0.091872605	
Création artisanale		0	2	5	4	4	4	3.675428573
		La réalisation artisanale nécessite de bonnes compétances en conception et en bricolage, ainsi qu'un accès à des machines de fabrication spécifiques.	Les matériaux sont nombreux, et parfois chers (acier notamment)	Avec une conception sur mesure, on choisi nos dimensions, donc pas de problème !	Ok si bien dimensionné, mais le bois à un certain âge pourra commencer à laisser passer l'humidité.	Si bien géré, même avec le métal, cela peut rester correct (notamment en utilisant un module en bois.	Peut être attirant à l'œil si décorée.	
Glacière		3	4	3	4,5	4	5	4.105181047
		Nécessite un peu de bricolage pour l'adapter au système. Mais reste globalement abordable avec du matériel simple.	Très simple à trouver d'occasion et peu cher.	Les tailles sont globalement adapté à ce que nous avions en tête, mais ce n'est pas du sur mesure.	Les glacières sont faites pour être étanche. Seul un passe cbale altère très légèrement l'étanchéité.	Un caisson en plastique laisse bien passer les ondes.	Symbole de la convivialité en elle-même, la glacière nous a personnellement touchée pour cet aspect, surtout si décorée !	
Sac à dos		5	5	3	1	5	3	3.233716424
		Ne nécessite aucune fabrication, on met en vrac les composants dedans.	Très simple à trouver d'occasion et peu cher. La plupart des gens en ont déjà chez eux.	Les tailles sont globalement adapté à ce que nous avions en tête, mais ce n'est pas du sur mesure.	Un sac de récupération par terre sous la pluie à de grandes chances de prendre l'eau...	Une légère couche de tissu laisse bien passer les ondes.	Peut être sympa si décoré, mais n'attire pas l'oeil au premier abord.	

Selon nos critères et leur importance, c'est la solution de la glacière qui semble la plus pertinente. Nous pouvons ajouter que notre support de glacière sera modifiable, et que l'ajout de bretelles pour en faire une glacière sac-à-dos est aussi envisageable.

On notera également que cette solution dépend de nos critères et de nos préférences de critères. Dans une situation au contexte différent, la solution retenue pourrait être différente. Enfin, cette étude ne prend en compte ni d'étude sur la sensibilité des critères, et l'incertitude des notes finales par logique floue.

H Calculs thermique pour la question de la nécessité d'un dispositif de ventilation

Le but de ce document est de calculer quelles sont les conséquences (thermiques) si on décide de ne pas apporter de système de ventilation à la glacière.

H.1 Calcul de la résistance thermique d'une glacière

Pour ce calcul, faute d'avoir accès à la norme EN 12546-2, nous utilisons les données de la glacière rigide de camping 32L de la marque "Décathlon".

FIGURE 28 – Glacière Décathlon 32L

Décathlon indique les données de test suivantes :

Isothermie
Nous avons testé cette glacière en laboratoire avec une température ambiante de 32°C, sans pain de glace, remplie à la moitié de son volume. Le temps pour passer de 5°C (température d'aliments sortant du réfrigérateur) à 15°C est de 14 heures. En ajoutant 1,8 kg de glace, le temps pour passer de 5°C à 15°C dans les mêmes conditions a été de 23 heures.

Hypothèses :

1. Décathlon indique avoir rempli la glacière à la moitié de son test. On considère qu'il s'agissait d'eau
2. On considère que l'air n'a pas de capacité thermique

On a donc

$$\Delta T = R\phi \tag{1}$$

avec $\Delta T = T_{ext} - T$ et $\phi = \underbrace{RV\rho C_p}_{=\alpha}\frac{dT}{dt}$

$V = 16\text{ L} = 0,0016\text{ m}^3$
$\rho = 10\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$
$C_p = 4\,185\text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$
$\alpha = V\rho C_p = 66\,960\text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$
Solution particulière :

$$T_p(t) = T_{ext} = 32° \tag{2}$$

Solution homogène :

$$T_h(t) = C\text{e}^{-\frac{t}{R\alpha}} \tag{3}$$

La solution globale est donc :

$$T(t) = T_{ext} + C\mathrm{e}^{-\frac{t}{R\alpha}} \tag{4}$$

Avec les conditions particulières, on obtient :

$$T(t) = T_0 = T_{ext} + C\mathrm{e}^0 \longrightarrow C = T_0 - T_{ext} \tag{5}$$

$$T(14\text{ h}) = T(50\,400\text{ s}) = T_1 = T_{ext} + (T_0 - T_{ext})\mathrm{e}^{-\frac{t_1}{R\alpha}} \tag{6}$$

d'où

$$\ln\left(\frac{T_1 - T_{ext}}{T_0 - T_{ext}}\right) = -\frac{t_1}{R\alpha}$$

$$\mathrm{R} = \frac{t_1}{\alpha \ln \frac{T_0 - T_1}{T_1 - T_e xt}}$$

$$\boxed{= 1,627\ \mathrm{J}\cdot\mathrm{s}^{-1}\cdot\mathrm{K}^{-1}}$$

H.2 Calcul de l'élévation de la température dans la glacière

Si on décide de ne pas mettre de système de ventilation, l'équation de la chaleur dans la glacière est :

$$\rho V C_p \frac{dT}{dt} = Q_{produit} - Q_{convection} \tag{7}$$

Or $\frac{dT}{dt} = 0$ en régime permanent, ce qui nous donne $Q_{produit} = Q_{convection}$ Hypothèse =

1. Le rendement du contrôleur de charge est de 95% [4]
2. Le rendement de la batterie est de 90% [5]
3. La puissance de charge est de P=31W. En effet, si la batterie se charge normalement (1/2C) [6]), la puissance transmise serait donc de 36W. Cela ne convient pas car la puissance max des panneaux est de 31Wc. On prend donc 31W.

On a :

$$Q_{prod} = P \times 0,05 + P \times 0,95 \times 0,10 = 4,35\text{W} \tag{8}$$

$$Q_{conv} = R(T_{int} - Text) \longrightarrow T_{int} = T_{ext} + \frac{Q_p rod}{R} \tag{9}$$

Or $\boxed{\frac{Q_{prod}}{R} = 2,7°\text{C}}$

$$ln\left(\frac{\frac{T}{X}}{\frac{K}{J}}\right)$$

H.3 Conclusion

L'élévation de la température à l'intérieur de la glacière est de 2,7°C par rapport à la température extérieur. Or nos équipement fonctionnent souvent entre 0°C et 40°C environ. Puisque $2,7°\text{C} \ll 40 - 0 = 40°\text{C}$, on considère qu'il n'est pas nécessaire d'installer un système de ventilation.

4. http ://www.photovoltaique.guidenr.fr/informations$_t$*echniques/regulateur – batteries – plomb/rendements – regulateurs.php*
5. wikipedia : Panasonic - Technologie Li-Ion, archive, PDF, Panasonic
6. https ://passionelectronique.fr/charger-une-batterie-lithium-ion-cccv/

I Analyse hiérarchique multicritère pour le choix de l'afficheur de batterie

Prise de décision appliquée à l'afficheur de charge de la batterie

Nous allons appliquer la méthode d'analyse hiérarchique multicritère aux différentes solutions pour l'afficheur de charge de batterie.

Contexte de la prise de décision

Cette décision s'inscrit dans le cadre du projet fil rouge du semestre PISTE : « Numérique Low-tech ». Ce projet a pour but d'imaginer et de créer de nouvelles façons d'aborder le numérique, dans un monde en contraction énergétique et en diminution des ressources disponibles. Nous avons donc imaginé une box que l'on nomme Dominik, et qui permette de satisfaire des besoins essentiels du numérique avec peu de ressources, notamment en hébergeant des données sur un serveur local.
Le but de cette décision est de choisir quel type de dispositif permettra de savoir l'état de charge de la batterie.
La décision a été prise entre les membres du projet, puis validée par notre porteur de projet, Romain Couillet, chercheur au LIG.
Pour être en cohérence avec le projet, ce dispositif devra répondre au mieux aux critères low-tech. Cette décision est prise le mercredi 14 décembre 2022.

I - Les différentes solutions

Dans cette partie, nous allons décrire les 4 solutions envisagées pour l'afficheur de charge de la batterie.

Solution 1 : Voltmètre sans pile

Principe de fonctionnement : Obtenir une idée de l'état de charge de la batterie grâce à la tension aux bornes de la batterie à l'aide d'un abaque.
Utilisation :
1. Connexion du voltmètre aux bornes de la batterie
2. Lire la valeur de la tension
3. Se référer à un abaque pour trouver l'état de charge de la batterie équivalent

Avantages : simple à utiliser, potentiellement récupérable
Inconvénients : consommation et opacité de l'information reçue (l'utilisateur reçoit une information en volts et pas une indication de charge)

Solution 2 : Indicateur de charge à palier (LED)

Principe de fonctionnement : Obtenir une idée de l'état de charge de la batterie grâce à un dispositif de LED (vert, jaune, orange, rouge). Ce dispositif est auto-construit par l'utilisateur.trice et peut être conçu pour ne pas toujours être branché au système de manière intermittente.
Utilisation :
1. Brancher le dispositif au système
2. Les LED s'allument et l'utilisateur.trice en déduit une approximation de l'état de charge de la batterie

Avantages : auto-construit, matériaux potentiellement récupérable, clarté de l'information (4 paliers avec potentielle progressivité dans la luminosité des LED)
Inconvénients : consommation à évaluer, matériaux récupérables dans une tranche d'équipements particuliers (assez récent pour avoir transistor et diodes, assez vieux pour que ce ne soit pas emboîtés dans circuit intégré → électroménager des années 90 par exemple), complexité de mise en œuvre (compétences et matériel en électronique)

Solution 3 : Indicateur de charge avec microcontrôleur et écran

Principe de fonctionnement : Obtenir un pourcentage de l'état de charge de la batterie sur un écran LCD grâce à un dispositif avec un microcontrôleur (Arduino, ESP32). Ce dispositif est auto-construit par l'utilisateur.trice et peut être conçu pour être branché au système de manière intermittente.
Utilisation :
1. Brancher le dispositif au système
2. L'écran affiche le pourcentage de charge de la batterie
Avantages : auto-construit, clarté de l'information (affichage écran), performance
Inconvénients : consommation à évaluer (mais potentiellement plus faible que la solution précédente), provenance du matériel à acheter, complexité de mise en œuvre (mais néanmoins plus faible que la solution précédente)

Solution 4 : Afficheur acheté

Principe de fonctionnement : Obtenir un pourcentage de l'état de charge de la batterie grâce à un dispositif du commerce.
Utilisation :
1. Brancher le dispositif au système
2. Lire l'état de charge de la batterie sur l'afficheur
Avantages : simplicité de mise en œuvre, clarté de l'information
Inconvénients : prix, opacité de la solution, dépendance à une fourniture et construction extérieure (voir étrangère)

II - Définition des critères de décision

Dans cette partie, nous allons définir les critères de décision de notre solution.

Caractéristiques attendues d'une solution optimale

- Récupérabilité : les composantes et matériaux utilisés pour le système doivent être facilement récupérables.
- Réparabilité : le dispositif choisi devra être facilement réparable avec des ressources peu coûteuses et récupérables
- Facilité de mise en œuvre : la fabrication de lu dispositif doit être à la portée de tout le monde
- Facilité d'utilisation : l'utilisation du dispositif est à la portée de tout le monde
- Clarté de l'information : l'état de charge de la batterie est précis et clairement lisible
- Economique : le dispositif est peu coûteux

(Nous avons pensé à la caractéristique de la consommation d'énergie, cependant, nous considérons que ce critère ne sera pas pertinent à prendre en compte car l'utilisateur.trice branchera quand iel voudra le dispositif de mesure de charge)

Critères de décision

Depuis les caractéristiques, nous avons trouvé 4 critères de décision :

- Accessible à toustes (mise en œuvre) [C1]
- Récupérabilité/Réparabilité [C2]
- Efficacité du système (utilisation et information) [C3]
- Coût [C4]

III - Hiérarchisation des critères

Dans cette partie, nous allons hiérarchiser par importance les différents critères.

Matrice de préférence

	C1	C2	C3	C4
C1	1	2	3	3
C2	0,5	1	3	3
C3	0,333333333	0,33333333	1	3
C4	0,333333333	0,33333333	0,33333333	1

Matrice normalisée *note de la case/SOMME(la colonne)*

	C1	C2	C3	C4
C1	0,461538462	0,54545455	0,40909091	0,3
C2	0,230769231	0,27272727	0,40909091	0,3
C3	0,153846154	0,09090909	0,13636364	0,3
C4	0,153846154	0,09090909	0,04545455	0,1

Coefficients par critère *SOMME(la colonne du critère)/4*

	Coefficient par critère
C1	0,429020979
C2	0,303146853
C3	0,17027972
C4	0,097552448

Nous avons priorisé le critère 1 (Accessibilité) car nous pensons qu'il est plus important d'avoir une solution facile à mettre en œuvre, le critère 2 (Récupérabilité/Réparabilité) se place en seconde position car nous préférons utiliser des matériaux de récupération afin de réduire les impacts sociaux et environnementaux d'un équipement neuf et que notre dispositif doit être facilement réparable. Le critère 3 (Efficacité) est un peu moins important que les autres car nous n'avons pas besoin de quelque chose de très précis pour savoir l'état de charge de la batterie. En revanche, la facilité de lecture et d'utilisation est importante. Enfin le critère 4 (Coût) est placé en dernière place car nous estimons que c'est le moins important, surtout si nous faisons de la récupération.

IV - Application sur les solutions

Dans cette partie, nous allons noter les différentes solutions suivant les 4 critères.

Calcul du poids de chaque solution par critère
Pour chaque critère, on fixe la matrice de préférence de nos 4 solutions :

Critère 1 : Accessibilité				
	S1	S2	S3	S4
S1	1	4	5	0,5
S2	0,25	1	2	0,16666667
S3	0,2	0,5	1	0,14285714
S4	2	6	7	1

Critère 2 : Récupérabilité/Réparabilité				
	S1	S2	S3	S4
S1	1	0,16666667	0,25	5
S2	6	1	2	7
S3	4	0,5	1	6
S4	0,2	0,14285714	0,16666667	1

Critère 3 : Efficacité du système				
	S1	S2	S3	S4
S1	1	0,25	0,16666667	0,125
S2	4	1	0,33333333	0,25
S3	6	3	1	0,5
S4	8	4	2	1

Critère 4 : Coût				
	S1	S2	S3	S4
S1	1	0,2	0,25	4
S2	5	1	2	6
S3	4	0,5	1	5
S4	0,25	0,16666667	0,2	1

Les choix de notations sont expliqués ci-dessous :

	Accessibilité	Récupérabilité/Réparabilité	Efficacité du système	Coût
Voltmètre	Aucune mise en œuvre nécessaire, si ce n'est de brancher correctement le voltmètre aux bornes de la batterie	Se trouve assez facilement mais peu réparable	L'utilisateur.rice reçoit une tension en volt et doit la convertir en une charge grâce à un abaque. L'abaque étant différent pour chaque batterie, iel devra le faire en suivant une feuille de méthode que nous aurons rédigé	Nul si récupéré, sinon environ 10€ dans le commerce
Dispositif LED	Mise en œuvre difficile : construction d'un circuit, besoin de poste à souder	Composants facilement récupérables (anciennes machines d'éléctroménger, ancienne radio) et remplaçables dans le système	L'utilisateur.rice reçoit une information par palier, ce qui n'est donc pas précis mais donne une bonne idée de l'état de charge de la batterie	Nul si récupéré, sinon quelques euros pour les différents composants
Dispositif Ecran	Mise en œuvre difficile : construction d'un circuit, besoin de poste à souder et besoin de programmation sur le microcontrôleur pour affichage sur l'écran	Composants facilement récupérables (anciennes machines d'éléctroménger, ancienne radio) et remplaçables dans le système. L'écran est peut-être plus compliqué à trouver.	L'utilisateur.rice reçoit une information de la charge de la batterie sur l'écran, selon la manière dont iel l'a programmé	Nul si récupéré, sinon quelques euros pour les différents composants (plus de composants que solution LED)
Dispositif acheté	Aucune mise en œuvre nécessaire, si ce n'est de suivre la notice pour le brancher	Très peu récupérable et réparable	L'utilisateur.rice reçoit une information de la charge de la batterie sur l'écran en pourcentage	Environ 40€ neuf, possibilité de le trouver pour 15-20€ d'occasion

Après avoir normalisé les matrices, on obtient la note de chaque solution selon le critère :

	C1
S1	0,311832571
S2	0,096214722
S3	0,061765828
S4	0,53018688

	C2
S1	0,129429901
S2	0,510533193
S3	0,310482762
S4	0,049554145

	C3
S1	0,049305081
S2	0,140077466
S3	0,307951697
S4	0,502665755

	C4
S1	0,1317919
S2	0,494557327
S3	0,315114029
S4	0,058536743

Calcul de la note finale

Nous allons calculer la note finale pour chaque solution grâce à cette formule :

$$Sn = \sum_{i=1}^{4} Ci \times Ci(Sn)$$

Avec :

- Sn, la note finale de la solution n
- Ci, la pondération du critère i
- Ci(Sn), la note de la solution n pour le critère i

Nous obtenons ces notes finales :

	Note de la solution
S1	0,19427126
S2	0,268142294
S3	0,203798782
S4	0,333787664

V – Conclusion

Selon la méthode de hiérarchisation des critères, c'est l'afficheur acheté dans le commerce qui l'emporte, sa facilité d'utilisation et de mise en œuvre prime sur son prix élevé et le fait qu'il soit très peu récupérable et réparable. Les dispositifs "faits maison" sont en seconde et troisième place, c'est le critère d'accessibilité lors de la mise en œuvre qui a une grande importance qui les pénalise. Enfin, le voltmètre fini dernier car l'information qu'il donne est trop dure à traiter.
Dans notre cas, nous avons choisi de privilégier la facilité de mise en œuvre car le temps nous manque sur le projet. C'est principalement la raison pour laquelle le dispositif du commerce l'emporte. Cependant, en remettant en lumière la contrainte liée aux ressources, nous pensons qu'un dispositif créé par l'utilisateur avec un maximum de matériaux de récupération est à privilégier.

Nous avons commencé à creuser cette piste sans la mettre en œuvre en s'appuyant sur le schéma suivant : https://sonelec-musique.com/electronique_realisations_indic_niv_bat_001.html?fbclid=IwAR0rywln2V-JIKjDCL5G73CqZQY0D5BUg3IwV3Mzmztye5aHWFAXzbubK-0

On peut imaginer un circuit identique mais avec 4 fois le bras avec LED (et donc 4 diodes ZENER qui permettent de faire 4 seuils de tension qui représentent 25 % de la charge de la batterie à chaque fois).

Update du 04/01/2023

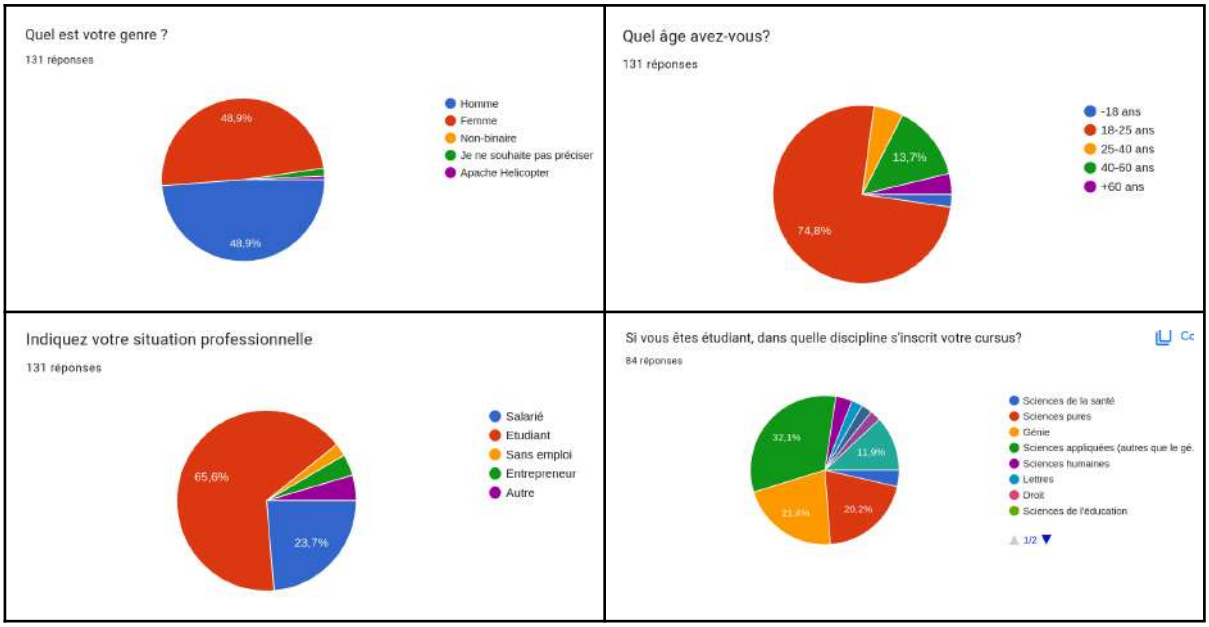
Ne pouvant pas se faire rembourser pour l'achat d'un afficheur de batterie, ayant réussi à se dégager un peu de temps personnel et ayant un fablab à disposition avec le matériel nécessaire, nous allons finalement essayer de faire un simple dispositif pour avoir une idée de l'état de charge de la batterie. De plus, la fabrication de cet élément reste en cohérence en terme de récupérabilité et réparabilité qu'on a essayé de respecter au maximum durant tout le projet.

J Rapport du sondage sur l'essentiel du numérique

Rapport d'enquête sur l'usage du numérique

Introduction et biais d'étude

L'enquête que nous avons mené grâce à un groupe d'étudiant de l'IAE nous permet de mieux comprendre le rapport au numérique et à la potentialité d'une rupture technique de ce dernier pour une publique varié. L'enquête a été rédigée par le groupe d'étudiant de l'IAE (Diego Dugarte Monsalve, Gautier Derhe-Dumas, Cyprien Bonnand) et relu et validé par les étudiants de PISTE. Elle a ensuite été diffusée dans les réseaux étudiants, les familles, et auprès de nos proches. Elle a touché 131 personnes, avec une parité de genre respectée (48.9% d'homme, 48.9% de femmes, 1.5% *Je ne souhaite pas préciser*, 0 non-binaire et une réponse bidon) mais néanmoins une très grande proportion de répondants étudiants.



On peut considérer que cela biaise l'étude, mais on notera que si l'objectif est de se projeter dans un monde futur, alors ce sont les premières personnes concernées. Une grande majorité des répondants ont un bagage scientifique fort puisque c'est leur secteur d'activité.

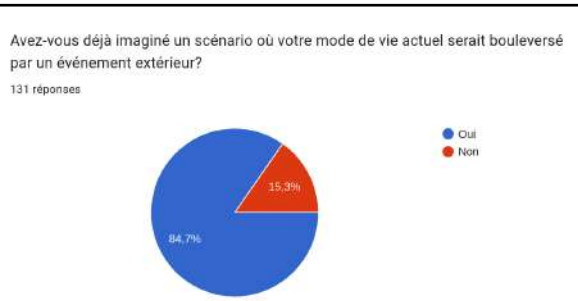
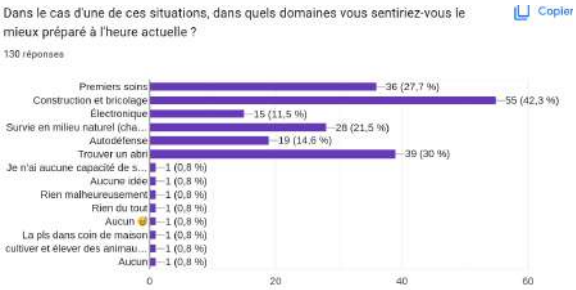
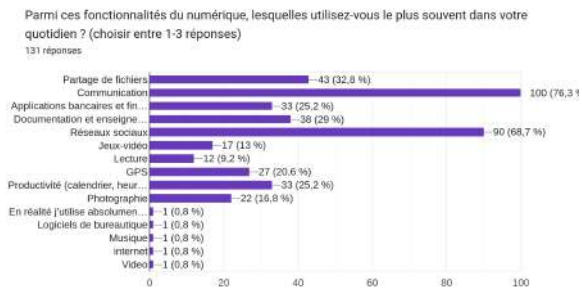
Cette enquête ne représente pas un panel représentatif de la population française.

On notera également que les questions induisent, plus ou moins volontairement, puisque le but était en partie que les réponses concerne une situation d'effondrement, un biais

d'imaginaire catastrophiste, alors que notre système peu également concerné des situations de démantèlement et de décroissance organisée du numérique.

Résultats

- 84% des répondants se sont déjà projeté dans une perturbation de leur mode de vie par un événement extérieur

<table>
<tr>
<td> 
</td>
<td>
</td>
</tr>
<tr>
<td> 
</td>
<td>Si jamais vous étiez sur une île déserte, à quel savoir voudriez-vous avoir accès en priorité ?
Les réponses concernent quasiment toutes des notions de survies et de débrouille individuelle à plus ou moins long terme (construction, alimentation, agriculture, premiers secours etc.).
Quelques réponses concernent la communication avec les proches ou l’actualité</td>
</tr>
<tr>
<td> 
</td>
<td>Citez une fonctionnalité du numérique que vous estimez indispensable lors d'un événement catastrophique comme cité précédemment :
• communication, actualités
• Documentation et enseigmeent (wikipédia, survie)
• cartes, gps</td>
</tr>
<tr>
<td>A votre avis, quels sites Web/Apps voudriez-vous avoir accès à tout moment lors d'un événement de force majeure ? (SANS INTERNET donc uniquement du contenu sans interaction)
• Documentation : wikipédia, wikihow, wiki lowtechlab, documentation python
• whatsapp & application de</td>
<td>
</td>
</tr>
</table>

communication ● infos, radio ● Maps, cartes ● premiers secours, survie, lieux pour accès radio et soins ● google, youtube ● média & jeu (photo, musique) ● traduction	

En dehors d'une situation d'isolement et/ou de survie, que vous semble-t-il essentiel de garder dans le numérique pour s'épanouir collectivement et reconstruire une société. (exemple : langue, science, histoire, arts) : ● Sciences, technologies, wiki, mise en réseau ● Langues ● Histoire ● Presse ● Communication ● Arts, musique, sport, culture ● Education	

Interprétations

Grâces à ces questions, nous pouvons mieux cerner le type de documents numérique qui semblent pertinents de conserver. Deux types de scénarios semblent récolter des réponses particulièrement différentes :

- Dans le cas d'une situation d'urgence, d'un effondrement rapide, les documents concernant la survie immédiate récoltent assez logiquement une approbation forte, accompagné par la possibilité de communiquer à distance et les cartes
- En scénario un peu plus long terme & concernant l'humanité en général (ce qui laisse un flou entre un démantèlement organisé du numérique, ou une phase plus longue et durable après un effondrement du numérique), une grosse part est donnée aux sciences et à la technologie, ainsi qu'à l'histoire et les langues. Vienne ensuite la communication, la culture et la presse.

On note aussi que si les scénarios catastrophiques sont envisagés par une grande partie des répondants, peu de personnes citent l'effondrement des télécommunications et d'internet comme la première situation qu'elles craignent (16.7%). De plus, la majorité des répondants n'ont expérimenté une vie sans connexion internet pendant plus de 3 semaines (33.3%).

La dernière question est, elle aussi, intéressante : s le format texte reste le format le plus privilégié pour le partage de connaissance, la vidéo arrive quasiment à exæquo. Il y a donc un vrai enjeu autour de ce format, considéré comme particulièrement efficace et pertinent pour transmettre des infos, mais pourtant particulièrement vorace en énergie et en espace de stockage. Il faut donc trouver des pistes pour soit le rendre moins consommateur (vidéos compressées, “diapo-podcast” pour remplacer les longues vidéos comportant simplement des images d’illustration, etc.), soit trouver des moyens de rendre les autres formats plus attractifs et efficaces (on note par exemple une réelle amélioration du format audio grâce au boom des podcasts).

Mise en œuvre dans le projet

Nous souhaitons intégrer à notre système un dossier contenant des fichiers destiné à être partagés et consultés. Nous appellerons ce dossier “Sneakernet”, du nom donné au mode de transfert d’information numérique par le déplacement physique de l’information par des humains. En effet, ce dossier ne serait pertinent que dans une situation ou internet n’existerait plus. Ainsi, la seule manière de transporter ces informations sera soit sur des réseaux locaux à courtes distances, soit par le déplacement et la copie physique de ces données.
En vue des résultats du sondage, nous inclurons dans ce dossier les types de contenus suivants :

- Survie & premiers soins
- Moyen de recréer un mode de communication ou de réception d’information (émetteur et récepteur radio)
- Cartes
- Bases de langues
- Connaissances scientifiques, historique et technique (notamment réparation)
- Quelques fichiers de culture et de loisir

K Calculer un budget en prenant en compte la récupérabilité et l'opportunité de seconde main

K.1 Introduction

Le but de ce document est d'exposer la méthode de calcul du d'un budget prévisionnel prenant en compte le fait qu'il puisse être récupérable et acheté d'occasion.

K.2 Choix des résultats

Nous fixererons uniquement un prix moyen et un prix maximal pour les raisons suivantes :
- Le prix moyen sert à avoir une notion du budget moyen à prévoir pour le concepteur.
- Le prix maximal sert à l'utilisateur à se rendre compte qu'il utilise beaucoup de moyens financiers par rapport à ce qu'il est possible de faire dans la plupart des cas, c'est une sorte d'alerte financière.
- Il n'y a pas de prix minimum, car il ne fait pas sens dans un cadre où tous les matérieux peuvent être récupérés (il serait tout le temps de 0 euros).

K.3 Les différents termes utilisés

1. Prix max neuf (P_{max}) : correspond au prix moyen de la gamme haute de l'article considéré.
2. Prix moyen neuf (P_m) : correspond au prix moyen de la gamme basse/moyenne de l'article considéré.
3. Récupérabilité (r) : Note /5 caractérisant la facilité d'un article à être récupéré gratuitement.
4. Opportunité de seconde-main (o) : Note /5 caractérisant la facilité d'un article à être acheté en seconde-main, en prenant en compte la récupérabilité.
5. Facteur de prix d'occasion (f) : correspond au facteur par lequel il faut multiplier le prix neuf pour trouver le prix moyen sur le marché de l'occasion. N'ayant trouvé aucune donnée statistique à ce sujet, il sera calculé en faisant la moyenne de ce facteur sur 5 produits (pour l'article considéré, en les rapportant au prix de l'article neuf correspondant) pour 5 villes différentes en France.
6. Prix max neuf ajusté ($P_{max,ajust}$) : correspond au prix moyen ajusté de la gamme haute de l'article considéré.
7. Prix moyen neuf ($P_{m,ajust}$) : correspond au prix moyen ajusté de la gamme basse/moyenne de l'article considéré.

K.4 Calcul des ajustements

Calculons $P_{m,ajust}$. Pour calculer $P_{max,ajust}$, il suffira d'appliquer la même méthode mais en changeant les prix.

Soit les univers

$$\begin{aligned}\Omega_1 = \ & \{AR = \text{l'utilisateur récupère gratuitement l'article} ; \\ & AO = \text{l'utilisateur achète l'article d'occasion} ; \\ & AN = \text{l'utilisateur achète l'article neuf } \}\end{aligned}$$

et

$$\begin{aligned}\Omega_2 = \ & \{R = \text{L'article est disponible en récupération} ; \\ & O = \text{L'article est disponible en seconde main (ocassion)} ; \\ & N = \text{L'article est disponible en neuf } \}\end{aligned}$$

On note P_n le prix de l'article neuf et P_0 le prix de l'ocassion.

Soit X la variable aléatoire qui donne le prix d'achat de l'article par l'utilisateur.

$$X: \ \Omega_1 \ \mapsto \ \{P_m \ , \ f \cdot P_m \ , \ 0\}$$

$$\begin{cases} AN & \longrightarrow & P_m \\ AO & \longrightarrow & f \cdot P_m \\ AR & \longrightarrow & 0 \end{cases}$$

Soit p_r et p_o les probabilités de R et O respectivement.

$$p_r = \frac{r}{5}$$

$$p_o = \frac{o}{5}$$

Nous définissons les hypothèses suivantes :
(1) L'utilisateur récupère tout le temps en l'article gratuitement dès qu'il en a la possibilité.
(2) Il achète en occasion s'il est disponible en occasion mais pas en récupération.
(3) il achète en neuf sinon.
(4) Les événement R et O sont indépendants (ceci n'est pas totalement vrai mais est une approximation acceptable.

Nous allons calculer le prix moyen ajusté comme étant l'espérance de la variable aléatoire X.

$$P_{m,ajust} = E(X) = X(AR) \times P(AR) + X(AO) \times P(AO) + X(AN) \times P(AN)$$

Avec $X(AR) = 0, P(AR) = P(R) = pr \ (1) \ , X(AO) = f \cdot P_m, P(AO) = P(O \cap \overline{R}) \ (2) \ , X(AN) = P_m$

Or par (4), $P(O \cap \overline{R}) = P(O) \times P(\overline{R}) = p_o \, (1 - p_r)$

De plus, $\{AR, AO, AN\}$ est une partition de Ω_1, donc on peut appliquer la loi des probabilités totales, donc

$$P(AN) = 1 - P(AR) - P(AO) = 1 - p_r - p_o \, (1 - p_r) = 1 - p_r - p_o + p_r \cdot p_o$$

Finalement, on a

$$\begin{aligned} P_{m,ajust} \ &= 0 * p_r + f \cdot P_m \times p_o \, (1 - p_r) + P_m \times (1 - p_r - p_o \, (1 - p_r)) \\ &\boxed{= f \cdot P_m \times p_o \, (1 - p_r) + P_m \times (1 - p_r - p_o \, (1 - p_r))} \end{aligned}$$

Nous ne simpliefirons pas plus. Nous reprendrons la même méthode pour le prix maximal ajusté.

K.5 Conclusion

Cette méthode permet de calculer le prix ajusté d'un article. Pour calculer le prix total d'un produit, il suffit d'appliquer cette méthode pour chacun de ces composants.

L Présentation aux utilisateurs

L.1 CONTEXTE

A la fin du 20ème siècle, le numérique connait un essor remarquable à travers un développement des technologies de l'information et de la communication, régulièrement qualifié de troisième révolution industrielle. Ces technologies ont radicalement changé notre monde et leur progression semble inarrêtable. Même dans la stratégie du gouvernement français, la transformation numérique est présentée comme nécessaire et évidente.

Seulement, le numérique se dirige inexorablement vers un mur, celui des limites planétaires.

Selon L'ADEME, le numérique représente à l'échelle mondiale 4 % des émissions de gaz à effet de serre dans le monde, mais ce chiffre augmente de 9% tous les ans. Les appareils électroniques nécessitent de nombreux matériaux (dont des terres rares), qui sont jugés comme des matériaux critiques par les institutions internationales. Ces matériaux sont déjà source de dégâts sociaux (exploitation par des travailleurs mineurs et/ou sous-payés) et vont probablement manquer dans les prochaines années.

Ainsi, que ce soit sur le plan des ressources, de l'énergie, mais aussi de la sécurité ou même du bien-être mental, le numérique dépasse aujourd'hui des drapeaux rouges dans de nombreux domaines. Bien qu'étant un moyen de communication très efficace et parfois indispensable dans certains secteurs, il faut aujourd'hui le remettre en cause, penser son démantèlement et inventer son devenir dans un contexte de décroissance de la production électrique et d'extraction des ressources.

L.2 A QUOI CA SERT

Dans ce cadre contextuel, en lien avec le laboratoire d'informatique de Grenoble (LIG) et le Low-Tech Lab de Grenoble, il a été demandé à notre groupe de 5 étudiants grenoblois de penser un système low-tech, c'est-à-dire qui est utile, accessible, et durable, et qui permet de satisfaire des besoins essentiels du numérique, tout en remettant en question les usages superflus dont nous sommes actuellement entourés. Après plusieurs semaines de travail, ce système, c'est DOMINIK.

L.3 QU'EST-CE QUE C'EST - le système

L'idée de ce système est d'avoir un système modulable, afin que ce dernier soit pertinent pour des utilisateurs différents, des besoins singuliers et dans des mondes variés.

Au cœur de ce système, un appareil électronique central (smartphone, ordinateur, raspberry pi, ...) de récupération peut jouer plusieurs rôles.

D'abord, il peut servir de box internet afin de fournir un accès internet aux personnes environnantes.

Ensuite, il peut permettre à du contenu qu'il héberge d'être publié sur Internet.

Il peut également créer un réseau local auquel des smartphones ou ordinateurs peuvent se connecter lorsqu'ils sont à proximité de l'appareil électronique central, afin de pouvoir y stocker et y échanger des fichiers avec les utilisateurs également à proximité.

Enfin, cet appareil électronique central permet de stocker physiquement des données essentielles d'Internet afin d'y avoir accès même sans Internet.

Cet appareil électronique central sera alimenté par une source d'énergie renouvelable (panneaux solaires, petite éolienne, petite hydraulique, dynamo...) construite grâce à des matériaux de récupération.

L'ensemble de ce système sera encapsulé dans un support de mobilité (sac à dos, glacière, caisse,...) afin de le protéger et de le rendre mobile. Cette caractéristique l'inscrit partiellement dans une optique de **Sneakernet,** c'est-à-dire le transfert de fichiers hors réseau informatique, comme lorsqu'on se passait des clés usb avec des films ou des CD avec des jeux vidéos.

L.4 QU'EST-CE QUE C'EST - notre Dominik

Afin de prouver que ce système conceptuel est faisable, nous avons voulu interpréter concrètement une version de ce système : c'est notre Dominik. Au cœur de notre Dominik, un smartphone de récupération joue plusieurs rôles.

D'abord, il sert de box internet grâce à une carte SIM prépayée et la fonctionnalité "Partage de connexion".

Ensuite, il héberge un site internet que l'on a conçu selon de nouveaux principes d'écoconception numérique afin d'être ultra économe en taille et en consommation énergétique. Ce site sert à fournir la documentation et les ressources nécessaires pour permettre à d'autres utilisateurs de créer leur propre Dominik.

Enfin, il est également possible de se connecter à un réseau local créé par le téléphone central lorsqu'on est à proximité de ce dernier, afin de pouvoir y stocker et y échanger des fichiers avec d'autres utilisateurs à proximité.

Ce téléphone sera alimenté par des panneaux solaires associés à une batterie, provenant de matériel de récupération. Il sera donc aussi possible de recharger votre propre téléphone.

L'ensemble de ce système sera mobile, encapsulé dans un caisson de protection et de transport, qui est une glacière de camping de récupération.

L.5 COMMENT CA MARCHE

Si votre communauté n'a pas encore de boxe Dominik, une série de tutoriels est à disposition sur notre propre site pour vous permettre de la construire de A à Z ainsi que de la prendre en main.

L'apprentissage lors de l'utilisation peut aussi se faire par des échanges oraux, ce qui permet de renforcer la convivialité de ce système, et privilégier les liens humains. Par exemple, si vous arrivez dans un lieu ou une communauté munie d'une Dominik, un utilisateur vous expliquera alors comment s'en servir pour recharger votre téléphone, vous connecter au WIFI, partager des informations sur le réseau local, publier un article sur un site, ou encore stocker des données sur la carte SD de Dominik.

L.6 POUR QUI ?

Le système permet de répondre à des besoins variés. Il propose un accès à internet plus économique, plus indépendant. Il permet le stockage et le partage local d'informations et de fichiers, mais permet également la transmission de ces fichiers par la mobilité intrinsèque de son design. Ces caractéristiques rendent le système pertinent dans des lieux où l'accès au réseau, aux ressources ou à l'électricité n'est pas garanti. Dans le monde actuel, on peut citer le Liban, dont les habitants n'ont que quelques heures d'électricité par jour. Cela peut aussi être les Zones à Défendre (appelées ZAD), qui n'ont pas d'accès à l'électricité et des problématiques d'organisation interne et de visibilité externe. Ce sont dans ces lieux, qui reflètent probablement un monde de demain en contraction, que le numérique low-tech prend son sens. Et pourquoi pas dans un imaginaire futur, on trouverait des Dominik sur un bateau à voile, dans une bibliothèque, dans un jardin partagé, sur un vélo et à pleins d'autres endroits qu'il ne reste qu'à inventer.

M Retour des interviews utilisteur

Retours d'interview « Expérience Utilisateur »

Interviewé	Point positif	Incompréhension du projet	Inutilité du projet	Freins de l'utilisateur	Axe de travail / améliorations	Analyse sociétale
	Pour le transfert des fichiers par exemple, ça éviterait d'avoir des grosses tours dans des salles climatisées	Si le dominik est dans une glacière, comment est-ce que moi je fais pour recharger mon téléphone dessus ?	Je vais vers une Dominik, il y a des fichiers qui y sont stockés, très bien, mais moi j'ai toujours mon Drive. Dans quelle mesure ça va vraiment impacter ça ?	Je réfléchis par rapport à mon quotidien d'étudiante : quand je suis à l'école et que je bosse avec des amis sur des projets (car je fais pratiquement que ça), on est continuellement sur des systèmes de Drive. Des fois je dois bosser de chez moi, des fois de chez mes parents. A ce comte là comment est-ce que l'on s'échange des documents ?	Je pense que l'enjeu de votre projet, au-delà de l'aspect ingénieur, c'est la communication.	Je pense que le low-tech c'est effectivement la solution de l'avenir
	Je comprends bien que le but n'est pas de supprimer les drives mais d'en limiter l'impact.	En off : "T'as vu comment j'arrive à parler pendant 10 minutes d'un sujet auquel j'ai rien compris. C'est ça sciences-po"	Moi quand j'invite des gens chez moi, mon portable est en partage de co et les gens se connectent dessus (je suis un wi-fi). Si on travaille sur un projet chacun ne créer pas un drive, on en partage un.	Je pense que vous allez rencontrer une grosse résistance de la part des jeunes générations, qui sont beaucoup plus centrées sur les high-tech que les plus anciennes générations.	Je pense qu'il va falloir une communication bien centrée et que ce sera un vrai enjeu de faire comprendre l'intérêt du low-tech, l'importance de se détacher des ces objets high-tech qui ne sont pas utiles mais se servent qu'au plaisir et aux hobbies et qui ne sont pas nécessaires à nos modes de vie. Je pense que ce sera un plus gros challenge que de concevoir Dominik.	Et il y a des enjeux au-delà de l'impact environnemental du high-tech
Romane GIRARD	C'est excellent de penser à des zones sans électricité. Tu parles du Liban, mais il y a aussi l'Ukraine qui n'en a pas en ce moment, ou la Syrie qui galère avec ça depuis 2015. C'est des zones où le projet est développer et qu'il faut privilégier.	Je vais rester sur le transfert de fichiers et internet psq c'est les seuls trucs que j'ai à peu près compris	Le principe de panneau solaire pour recharger c'est cool, mais est-ce que ça existe pas déjà les batteries solaires ?	Je pense que vous allez aussi rencontrer de la résistance des anciennes générations qui auront du mal à s'adapter à ça.		Il y a beaucoups de mouvement en ce moment (le NYTimes à fait un article dessus hier) sur tous les jeunes qui commencent à se détourner des high-techs, à revenir à des flip-phone, à supprimer les réseaux sociaux. Je pense qu'il y a des choses qui sont en train de se passer
	Mais ça ne doit pas être une destination exclusive car la pincipale consommation des high-tech se fait en pays développés.	Je ne comprends pas à quel point je pourrai échanger des fichiers avec mes collègues de travail. Aurais-je toujours cet accès quand je serais chez moi ou en déplacement ? Pourra-t-on continuer à s'envoyer des fichiers ? Il faudrait que je comprenne ça mieux pour comprendre l'intérêt.	J'ai un forfait avec beaucoup de giga parce que je n'ai pas de wi-fi chez moi. Si il y a des Dominik qui me donnent accès à internet très bien. Le problème c'est que si il y en a pas partout, je vais continuer à utiliser mes données mobiles quand je suis loin d'une dominik où d'une autre wifi gratuite.	Si il y a suffisament de Dominik qui se développent, je vois pas l'intérêt de la mobilité.		
	Si ça permet d'enlever une consommation superflue de high-tech qu'on a, je pense que c'est effectivement une solution.		Est-ce que ça changera ma consommation de données ? Je n'en suis pas certaine.	Est-ce que le but c'est de faire de la grande échelle ? Si le but est d'éviter les effets négatifs, et que tu reproduis les mécanismes, tu retombes dans le "négatif".		
	Moi ce qui me plaît, c'est surtout le transfert de fichiers, car j'ai récemment compris la place que prenait le stockage de données sur les drives et les consommations associées.					
Interviewé	Point positif	Incompréhension du projet	Inutilité du projet	Freins de l'utilisateur	Axe de travail / améliorations	Analyse sociétale
Bertille HAMM	Le fait que ce soit abordable, compact, transportable au sein d'un seul et même dispositif	Il y a accès au smartphone central ?		L'histoire du partage de connexion : Je me dis que c'est obligé que ça va ramer de ouf ; si c'est un téléphone qui émet de la 4G pour pleins d'autres appareils ...	Encore plus de Hors-Ligne car le En-Ligne me fait douter	
	Le stockage hors ligne de données	Il faut une carte SIM pour avoir accès à Internet ? Et comment on fait sans 4G ?		ça s'inscrit quand même sur le réseau 4G, donc problème des zones blanches (surtout avec l'aspect mobile)	Ameliorations sur le Hors-Ligne : Concevoir ça avec une architecture lisible - si tu veux que le projet soit accessible à tout le monde, il faut qu'il y ait une interface complète et claire - Téléchargement unique, pas d'histoire de mis à jour etc. - faire qu'il n'y ait pas un concepteur et un utilisateur	
		Le réseau local fonctionne par bluetooth ?			il faut que ce soit très lisible et appropriable et en même temps il faut une base pour permettre l'interopérabilité : par exemple, si tu as travaillé sur le Dominik de Saint-Bruno et qu'après tu vas à La Chapelle en Vercors, il faut pas qu'il y ait des probèmes de compatibilité entre les fichiers, les systèmes, il faut que tout soit interopérable - système le plus simple possible mais pour tous - normaliser les formats	
		le partage de co ne nécessite pas la 4G ?				
Interviewé	Point positif	Incompréhension du projet	Inutilité du projet	Freins de l'utilisateur	Axe de travail / améliorations	Analyse sociétale
Morgane MIGNEREY	Sûre que tu as la main sur tes infos, dans un groupe restreint			Difficulté à réparer	Support physique pour le tuto	
	Mobilité mais y'a déjà des choses qui existent				Dispositif pour gérer les fils pour pas qu'ils s'emmêlent	
	Ça passe inaperçu, tu peux utiliser au camping			Ça peut prendre pas mal de place, plein de fil, ça peut s'emeler		
	Energie renouvelable					
	Adaptabilité					

Interviewé	Point positif	Incompréhension du projet	Inutilité du projet	Freins de l'utilisateur	Axe de travail / améliorations	Analyse sociétale
	Q1	Q2	Q3			
Eline MIGNEREY KOELSCH	Peut être apporter partout	incompréhension globale		Partage de co, doute sur le fonctionnement (marche moins bien que le Wifi, prêt à avoir une connexion moins bien?), bug si trop de gens, si gros dossiers à envoyer	Améliorations se font par les gens suivant là où ils se trouvent	
	énergie renouvelable			Capacité du téléphone à resister	Protection du système	
	prend pas bcp de place			Difficulté à trouver les composants de base Pas de connaissances, tu arrives à le faire, si ça bug comment tu fais	Prévoir comment ça peut se casser et donc être réparer Trousse de secours (batterie de secours, outils de nettoyage, etc)	

Interviewé	Point positif	Incompréhension du projet	Inutilité du projet	Freins de l'utilisateur	Axe de travail / améliorations	Analyse sociétale
	Nom, graphisme super	Pourquoi ce nom ?	Comment ça se substitue à quelque chose ?	Récupérabilité des panneaux solaire, batteries ?	Schéma plus clair des dépendances qu'il y a à des infrastructures/ressources	constructions de nouveaux imaginaires
Chabanne Family			Pas vraiment d'usage de la partie serveur, si j'ai plus internet c'est la batterie qui m'est utile.	Peu d'intérêt aujourd'hui vu qu'on a pas le réseau tout le temps, on va pas dans les ZAD. Je vois pas ce que ça m'apporte si j'ai un tel avec accès internet, quel est l'utilité du collectif, hormis pour batterie et peut être partage de co ?	Diversifier les mode d'alimentation ?	
	Doublement utile : minimaliste/recup/facile à reproduire et comprendre + oblige un usage plus conscient & sobre		Plein de trucs peuvent être fait à pied en local	Appropriation:qu'est ce qui te pousse à être usager si tu as déjà internet ? → le collectif ?	Augmenter la portée du réseau 9 le stockage pour plus d'appropriation « il faut le booster un peu, pas le laisser en lowcost, faire un datacenter »	
	C'est simple appropriable accessible encourageant		Beaucoup d'usage peuvent être fait en papier quand même	Quel sécurité il y a ?	intéressant à partir du moment où je peux pas y aller à pied « j'ai besoin de 200m au moins ». Distance similaire à talkie si ya de la distance.	
	glaciere cool, petit solide conviviale, « yen a en Afrique » (sic)				Etendre à l'échelle de la communauté, les voisins ? Sans que ça devienne un datacenter	
	pertinent pour collectif/entreprise pour bosser en interne				Augmenter la sécurité : chiffrer les données sur le stockage commun → intérêt de le stocker en numérique plutot que papier + chiffrement des communication pour la ZAD et cie IDEM pour entreprises	
	Réseau social village, quand on a une coupure d'électricité → quand ya eu une coupure dans le village j'ai pu envoyer un message qu'en sortant du village n urgence pourquoi pas pour faire passer des infos vite à la place du talkie. Information locale sur le fonctionnement d'un lieu sensibilisation et facade vers l'exterieur, c'est intéressant Moi je le vois tout à fait parce qu'on en a parlé dans notre entreprise : comment on fait si on a plus d'électricité ? Plus d'internet ?					

N Tableaux de résultats de l'ACV, rapport d'ACV de Dominik, et pistes d'évaluation de l'impact environnemental de la sensibilisation

	A	B	C	D	E	F	G	H
					ReCiPe human healt	ReCiPe ecotoxixity	ReCiPe resources	Environm. Footprint
					H DALY	species.year	USD2013	Total Pt
4	Batterie		Unité	Composant				
5		6	p	Idematapp2020 AA cell battery (Li-ion)	1,70E-06	2,33E-09	0,015	0,000033
6								
7	Smartphone							
8		1	p	Idematapp2020 LCD flat screen, 27 inch, ir	3,54E-04	9,68E-07	39,055	0,019868
9		0,12	kg	Idematapp2020 Lithium-ion LiCoO2 laptop	1,22E-04	4,37E-07	3,814	0,003831
10		0,03	kg	Idematapp2020 PCB = Printed Circuit Boar	6,93E-04	2,59E-06	13,783	0,066354
11		0,03	kg	Idematapp2020 PS (HIPS, high impact poly	5,96E-06	1,68E-08	0,699	0,000348
12								
13	Glacière							
14		0,056	kg	Idematapp2020 PS (EPS, expandable polyst	5,83E-06	1,71E-08	0,717	0,000359
15		1,34	kg	Idematapp2020 PP (Polypropylene)	3,31E-06	9,95E-09	0,601	0,000230
16								
17	panneau solaire							
18		0,045	m2	Idematapp2020 PV cell	3,61E-04	7,24E-07	6,336	0,019313
19								
20	PMW							
21		0,05	kg	Idematapp2020 PCB = Printed Circuit Boar	6,93E-04	2,59E-06	13,783	0,066354
22		0,08	kg	Idematapp2020 PP (Polypropylene)	3,31E-06	9,95E-09	0,601	0,000230
23								
24								
25	Câble et connecteurs							
26		15	m	Idematapp2020 Electric cord, 6A (1320W),	1,06E-06	2,43E-09	0,029	0,000077
27								
28	Convertisseur DC/DC allume cigare							
29		0,01	kg	Idematapp2020 PCB = Printed Circuit Boar	6,93E-04	2,59E-06	13,783	0,066354
30		0,07	kg	Idematapp2020 PP (Polypropylene)	3,31E-06	9,95E-09	0,601	0,000230
31								
32	Masse totale							
33		3	kg					
34								
35	Transports							
36		64,647	tkm	Idematapp2020 Container ship (min weigh	3,62E-07	2,10E-09	0,001	0,000049
37		0,915	tkm	Idematapp2020 Truck+container, 28 tons r	6,75E-06	4,08E-08	0,010	0,000742
38								
39	End of life							
40		3	kg	Idematapp2020 PP (Polypropylene), upcycl	1,23E-05	6,01E-08	0,484	0,001097
41								

FIGURE 29 – Résultat d'ACV - tableau n°1

ACV – Numérique Low-tech

Introduction

Dans le cadre du semestre PISTE (Grenoble INP – ENSE3), 5 étudiants ont participé à un projet porté par le Low-tech Lab de Grenoble et le Laboratoire d'Informatique de Grenoble. Le projet était de porter une réflexion sur les moyens de rendre le monde du numérique plus sobre et plus « low-tech ». Après avoir développé le prototype d'un système numérique le plus « low-tech » possible, les étudiants ont décidé d'en faire l'analyse de cycle de vie (ACV), pour comparer leur solution à des solutions conventionnelles, tel que le stockage de données en data center.

Sommaire

Introduction

Sommaire

Résumé

Champ de l'étude

1. Contexte
2. Objectif
3. Scénarios retenus
4. Unité fonctionnelle
5. Frontières d'étude
6. Indicateurs étudiés
7. Méthodologie générale
8. Revue critique

Données utilisées

1. Data center
2. Glacière
3. Panneau solaire
4. Smartphone
5. PWM
6. Câbles
7. Connecteurs
8. Batterie
9.

Les difficultés rencontrées

Résultats et interprétations espérées

Résumé

Lors de leur projet, les étudiants se sont intéressé à l'impact que pouvait avoir leur système « Dominik » par rapport à des pratiques numériques plus conventionnelles. Ils ont donc réalisé une ACV en suivant la norme ISO 14040. Ils ont décidé de travailler sur la fonction d'hébergement de site internet de leur système, et les pratiques l'écoconception de site internet qu'ils proposent. Pour cela, ils ont comparé

l'impact environnemental de ce type d'hébergement par rapport à un hébergement de site conventionnel dans un data center. L'ACV du data center a été tirée entièrement d'un article datant de 2015. Concernant leur système, ils ont pu réaliser l'inventaire des composants et se baser sur les bases de données du logiciel « Simapro ». Cependant, un problème d'accès à ces bases de données les a empêchés de réaliser le calcul de l'ACV. Ils ont donc fait des suppositions relevant du bon sens en attendant un nouvel accès au logiciel.

Champ de l'étude

9. Contexte

Dans le cadre du semestre PISTE (Grenoble INP – ENSE3), 5 étudiants ont participé à un projet porté par le Low-tech Lab de Grenoble et le Laboratoire d'Informatique de Grenoble. Le projet était de porter une réflexion sur les moyens de rendre le monde du numérique plus sobre et plus « low-tech ». Les étudiants ont réalisé le prototype d'un caisson (nommé Dominik) qui est issue exclusivement de matériaux recyclé, et qui permet à ses utilisateurs d'avoir accès à des fonctionnalités basiques du numériques, tout en étant mobile et autoalimenté en énergie renouvelable. Une des fonctionnalités de ce caisson : la possibilité d'héberger un site internet. Les étudiants ont aussi travaillé sur l'impact du numérique et ont recensé quelques bonnes pratiques d'écoconception web.

Leur prototype s'est en quelque sorte construit en opposition aux systèmes numériques conventionnels, tels que les data center. Ces data center sont aujourd'hui beaucoup critiqué, notamment pour la consommation énergétique qu'ils requièrent. Cependant, ils ont aussi l'avantage de stocker en un petit espace un très grand nombre de données, et la conception de ces bâtiments est hyper optimisée.

Ce système Dominik a pour vocation d'être un commun : la documentation de construction sera en libre accès et facilement appropriable. Cependant, avant de diffuser ce tutoriel, les étudiants ont voulu vérifié les bénéfices de ces impacts environnementaux par rapport à ceux d'un data center.

L'ACV est un outil aujourd'hui très répandu pour quantifier l'impact environnemental d'un produit sur plusieurs indicateurs. Développé notamment en 2006 par la norme ISO 14040, cet outil est maintenant indispensable pour faire des décisions de développement pertinentes face aux enjeux environnementaux globaux.

Les étudiants ont donc réalisé une ACV en suivant la norme ISO 14040, dans le but d'en tirer une vision globale des bénéfices de leur système pour l'environnement, face à d'autres système plus conventionnels.

10. Objectif

L'objectif de cette étude est de :

1. Comparer la solution d'hébergement que nous avons développé par rapport à un data center sur le plan environnemental
2. Quantifier les bénéfices d'un site web éco conçu par rapport à un site web classique
3. Comparer les différences d'impact entre le type d'hébergement et le type de conception web

11. Scénarios retenus

Pour cette ACV, nous allons comparer trois scénario différents :

1. Cas d'un de l'hébergement d'un site web « classique », c'est-à-dire conçu selon les tendances de conceptions actuelles, et ce dans un gros data center (de l'ordre de l'exaoctet de stockage)

2. Cas d'un de l'hébergement d'un site web « low-tech », c'est-à-dire conçu selon des principes d'éco-conception, et ce dans un gros data center (de l'ordre de l'exaoctet de stockage)
3. Cas d'un de l'hébergement d'un site web « low-tech », c'est-à-dire conçu selon des principes d'éco-conception, et ce sur notre prototype Dominik.

L'objectif 1 sera atteint en comparant les scénarii 2 et 3.

L'objectif 2 sera atteint en comparant les scénarii 1 et 2.

L'objectif 3 sera atteint en comparant les résultats d'analyse de l'objectif 1 et 2.

4. Unité fonctionnelle

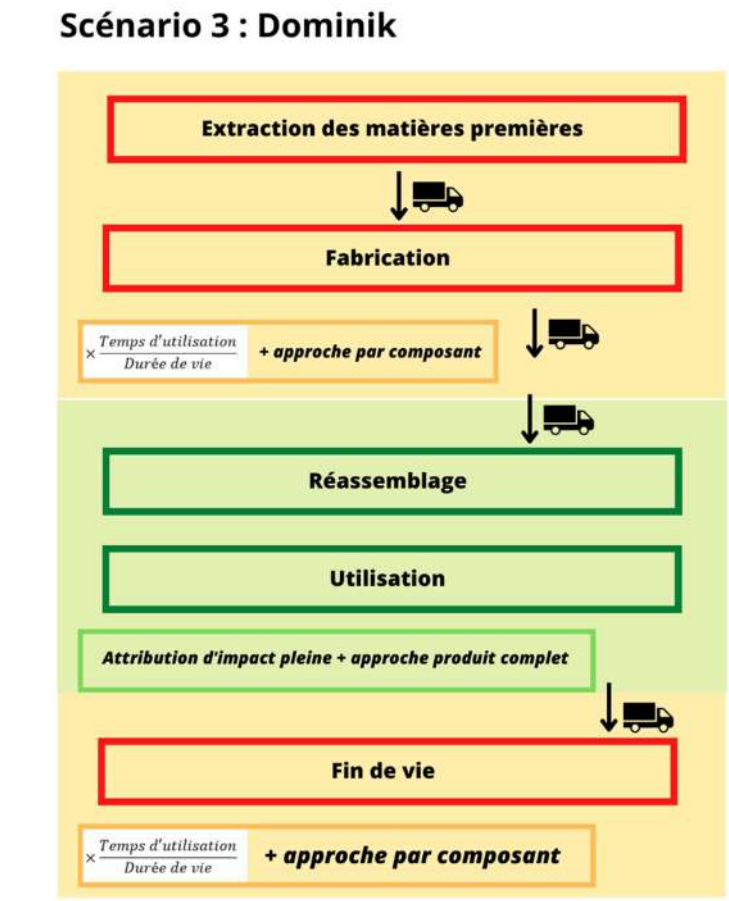
L'unité fonctionnelle qui nous servira de base d'étude pour cette ACV est la suivante :

« Hébergement et mise en ligne d'une page standard d'un site internet pendant 1 an. »

La durée d'un an a été définie de la sorte à cause de l'incertitude de durée de vie sur notre système. L'hébergement et la mise en ligne prend en compte le stockage mais aussi le transfert des données de cette page pour la consultation en ligne.

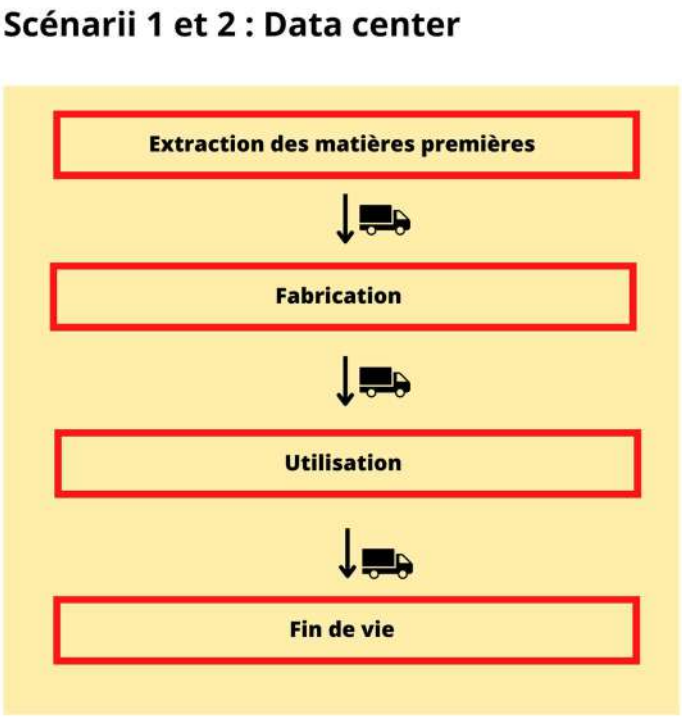
5. Frontières d'études

En raison de la nature très différentes de notre système et d'un hébergement sur data center, les frontières ont dû être adaptées pour prendre en compte la récupération des matériaux dans le scénario 3.



Non pris en compte:

- Utilisation de première vie des composants
- Processus de stockage et de vente
- Travail humain autour des produits (R&D composants, marketing,...)
- Transport pour l'achat de la première vie
- R&D de Dominik



Ici, nous utiliserons des bases de données existantes. Les frontières seront définies selon les modalités des bases de données existantes.

6. Indicateurs étudiés

Pour cet ACV, nous nous sommes basés en grande partie sur une étude anglaise (Whitehead, 2015) pour la partie data center. Nous avons voulu analyser le maximum d'indicateurs pour cette étude, mais avons été limités par les résultats produit par l'étude de référence. Les indicateurs gardés ont donc été les suivants :

- Combustibles fossiles
- Cancérigènes
- Aérosol
- Changement climatique
- Pollution chimique
- Extraction minière
- Acidification/Eutrophisation
- Affectation des sols
- Radiation
- Bactéries / virus
- Couche d'ozone

7. Méthodologie générale

Cette ACV a été réalisé en suivant la méthodologie de la norme ISO 14040. Certains points méthodologiques particuliers sont listés ci-dessous.

- L'ACV pour les scénarii 2 et 3 ont été réalisé dans une étude sur laquelle nous nous basons exclusivement : « The life cycle assessment of a UK data centre » par Beth Whitehead & Deborah Andrews & Amip Shah, 2015. Cette étude avait cependant pour unité fonctionnelle « provision of 1 kW of IT per year in a Tier III facility » (« fourniture d'1 kW pour l'électronique par an dans une installation Tier III »). Nous avons voulu convertir cette unité fonctionnelle pour qu'elle convienne à notre cas d'utilisation. Pour cela, nous nous sommes basé sur des données de consommation de data center en fonction de leur capacité de stockage. Nous trouvons qu'un data center consomme

environ 65 MW pour le stockage de 10 exaoctets de données (Henry Kenyon, « New NSA data center breaks ground on construction -- Defense Systems », Defense Systems, 7 janvier 2011 ; Kashmir Hill, « Blueprints Of NSA's Ridiculously Expensive Data Center In Utah Suggest It Holds Less Info Than Thought » , Forbes, 24 juillet 2013). On a donc un stockage qui consomme $6{,}5 \times 10^{-15}$ kW par octet. On multipliera donc les impacts de cette étude par un facteur $f_1 = 6{,}5 \times 10^{-15} \times taille\ de\ notre\ page\ (en\ octet)$.

- Notre prototype Dominik a entièrement été construit en matériaux de récupération. Les impacts liés à l'extraction, la fabrication et la fin de vie seront donc comptés selon leur temps d'utilisation (1 an pour respecter notre unité fonctionnelle) par rapport à leur temps de vie. Concrètement, pour chaque composant, on multipliera ses impacts par un facteur
  $f_2 = {}^{1\ an}/_{dur\acute{e}e\ de\ vie\ du\ composant}$
  Les durées de vie des composants se baseront sur des moyennes.
- Nous considérons que la capacité de stockage de notre smartphone est de 64 Go. Nous avons multiplié à la vie de l'ACV tous les impacts par le facteur
- $f_3 = {}^{taille\ de\ notre\ page\ (en\ octet)}/_{64 \times 10^9\ octets}$

8. Revue critique

Cette ACV sera malgré elle très approximative, et ne devra pas être utilisée ultérieurement pour référence. Elle ne servira que dans le cadre du projet, pour comprendre grossièrement les impacts de notre prototype.

Les incertitudes viennent en grande partie du facteur f_1 qui se base lui-même sur des études avec une incertitude très élevée.

De plus, nous avons décidé d'assigner l'impact de notre système en totalité à l'hébergement d'un site internet, alors qu'il peut avoir d'autres fonctionnalités.

Bien que cette ACV soit utile, elle ne prendra pas en compte la notion d'effet rebond, de politiques de marketing, d'influences de grandes sociétés capitalistes sur l'incitation à l'utilisation du numérique, et de tous les récits et imaginaires créés par notre prototype. Cet ACV sera donc juste un indicateur, mais ne sera pas le seul et l'unique pour justifier la pertinence d'un tel projet. Tout devra être replacer dans le contexte de changement de mode de vie prôné par ce système, qui nécessite une analyse plus poussée que cette ACV. L'ACV sera donc un outil d'analyse global, mais pas une finalité en elle-même.

Données utilisées

Dans cette partie nous listerons les données sur lesquelles nous nous baserons. Pour la plupart des composants, nous avons listé les matières premières qui les composent. Si rien d'autre n'est précisé, les données d'impact sur l'ensemble du cycle de vie du composant seront tirées des bases de données du logiciel « Simapro » (souvent ecoinvent).

1. Data center

Comme explicité dans la méthode, notre ACV se base pour les scénarii 2 et 3 sur une étude publiée en 2015, qui relate de l'ACV d'un data center Londonien. Voici les résultats de l'étude sur laquelle nous nous baserons.

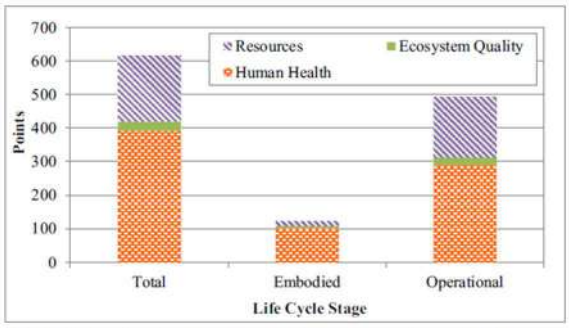


Fig. 4 Life cycle: damage category single scores. Note embodied refers to pre- and post-operation impact

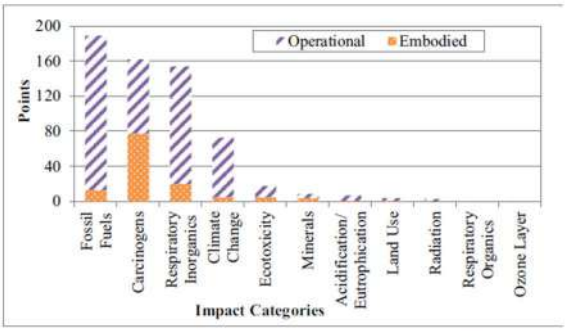


Fig. 5 Life cycle: impact category single scores. Note embodied refers to pre- and post-operation impact

2. *Glacière*

Polypropylène (masse volumique 0,9 g cm−3 -= 900 kg/m3) -> (1-0.04)*0.96=**1.344 kg**

Mousse polyuréthane injectée (sans CFC) (masse volumique 28 à 32 kg/m³ = 40 kg m−3 = 0.04*900 -> on en déduit environ 0.04*1.4 **= 0,056 kg**)

Poid totale : 1.4kg

composition matériaux à l'oeil : 3/4 PP ou HDPE + 1/4 Polystyrene

Fabriqué en Chine

Transport : Bateau fret 21548.93 km

Sources : http://www.designlife-cycle.com/rigid-plastic-coolers

https://www.auvieuxcampeur.fr/rigide-extreme-glaciere.html

https://fr.wikipedia.org/wiki/Polyuréthane

https://fr.wikipedia.org/wiki/Polypropylène

3. *Panneau solaire*

Première option : faire ACV composant par composant d'un panneau

= exemple de cette ressource qui explicite la composition et le recyclage d'un panneau : https://soleildelarc.com/2021/02/14/de-quoi-est-compose-un-panneau-photovoltaique/

Problème -> panneau en verre différents des petits panneaux que l'on a

Deuxième option : ADEME = a fait un calculateur ACV de l'impact de la filière photovoltaique : http://viewer.webservice-energy.org/incer-acv/app/incer-acv/app

Troisième option : sur SIMAPRO, il y a probablement la donnée "Panneau solaire" = bien identifier le type de panneaux qu'on a + surface et puissance

4. Smartphone

Nous nous baserons ici sur une ACV réalisée durant l'introduction au cours d'ACV sur un Fairphone. Les résultats de cet ACV seront récupérés une fois le réseau restauré (voir la partie Difficultés rencontrées).

5. PWM

récupérer modèle + chercher données techniques pour avoir compo + fabric + transport

Rentrer la donnée "CARTE" Sur symapro, et lui donner une surface de 81*50 mm

80g de Polypropylène

Transport : Bateau fret 21548.93 km

Transport : bateau

3 LED

1 Capacité 16V 100 µF

2 Diode

2 Transitor

1 microcontrolleur

21 Resistance

6 capacité plus petite

2 Inductance

PCB

Connecteurs

6. Câbles

à l'oeil : plastique PP + cuivre

1,5mm2 de section

15m de fil électrique

Pour un câble électrique 3 fils : 3x0.75mm2 on a

carbon footprint kgCO2 0,18/m

donc on a environ 2/3 de ce bilan soit 0,12 kgCO2/m soit 1,8 kgCO2 pour les fils électriques

7. Connecteurs

à l'oeil : HDPE ou PS

on va réaliser le même calcul que pour les fils électriques en adaptant la section et la longueur du fil

Longueur du câble :

diamètre du cuivre

épaisseur du plastique

embout connecteur ? trouver de la documentation

Convertisseur DC DC :

Convertisseur USB DC-DC (allume-cigare)

= regarder modèle qu'on a et chercher documentation technique

8. Batterie

Batterie Lithium Ion disponible directement dans Simapro (attention en kg)

47g/cellule https://www.li-tech.fr/cellule-18650-36v-2600mah/

Donc environ 282g pour 6 cellules

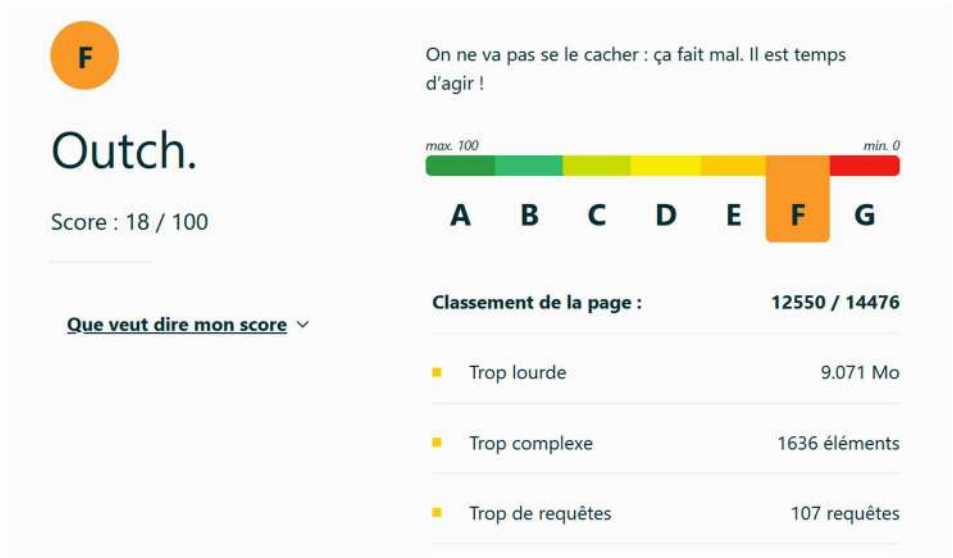
Polystyrène et autres

Fin de vie = voir guide sur chamilo

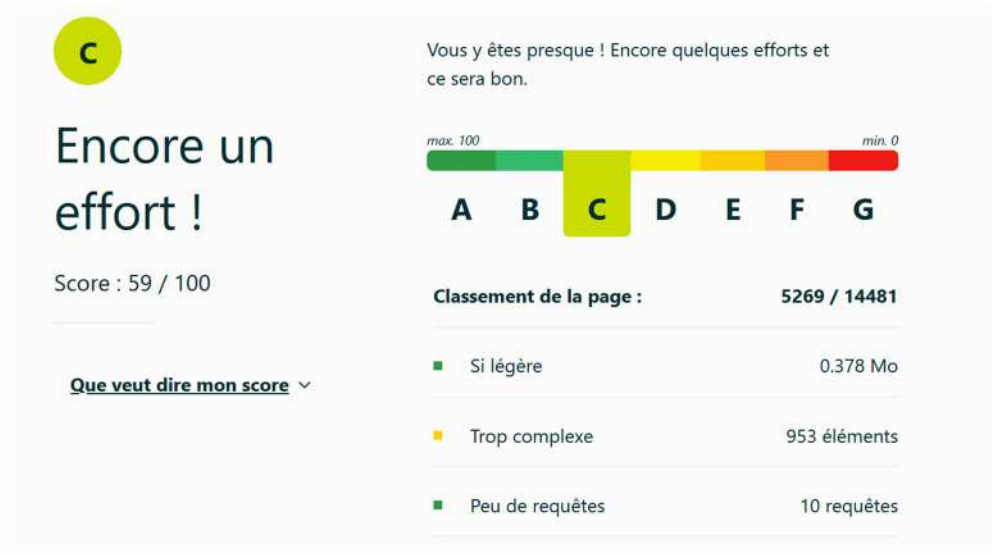
9. Le site web étudié

Concernant le site web, nous avons choisi d'étude d'une page du site lowtechlabmagazine.com. En effet, ce site a le privilège d'avoir été réalisé en deux versions. Une version classique, et une version en écoconception ultra-sobre sur l'adresse solar.lowtechmagazine.com. Nous avons donc pu choisir une page de tutoriel (How to Build a Practical Household Bike Generator) et l'analyser dans ses deux versions grâce au site ecoindex.fr. Les résultats sont les suivants :

Version classique : https://www.lowtechmagazine.com/2022/03/how-to-build-bike-generator.html



Version sobre : https://solar.lowtechmagazine.com/2022/03/how-to-build-bike-generator.html



Les difficultés rencontrées

Lors que ce projet, un certain problème de cyber attaque a touché notre école, qui nous mettait à disposition l'accès aux bases de données et à un logiciel d'ACV. En raison de cette attaque, il nous a donc été impossible de réaliser l'analyse. Cependant, quelques éléments de réflexion ont été faits ci-dessous.

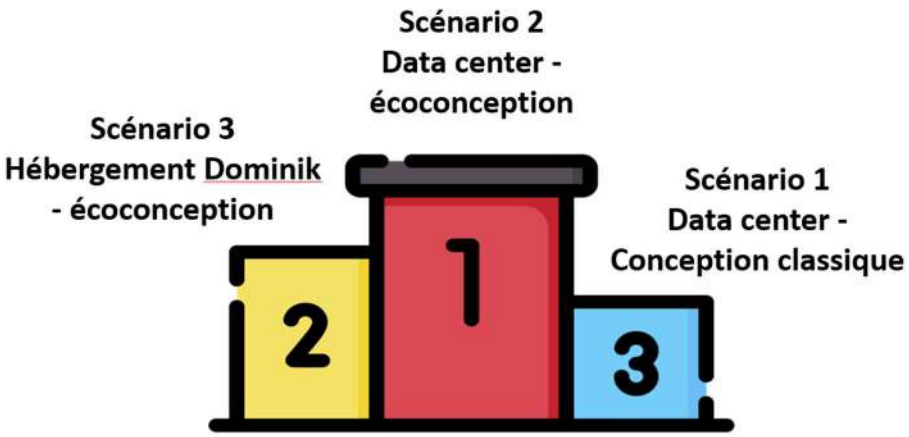
Résultats espérés et interprétations

Bien que nous n'ayons pas pu réaliser à proprement dit le calcul des résultats, nous avons essayé d'imaginer avec du raisonnement de bon sens ce qu'ils auraient pu être. Voici quelques éléments de réponses :

1. Concernant le premier objectif ce cette étude, nous pensons que l'hébergement sur notre système serait plus impactant que sur un data center classique. En effet, ces datas center stockent un nombre de donnés très important, et sont donc hyper optimisés. Leur PUE (L'indicateur d'efficacité énergétique) est très bon (très proche de 1), alors que celui de notre serveur n'est pas optimisé. En revanche, cet écart ne serait sûrement pas de l'ordre d'un facteur de plus de 10. En effet, notre système n'a pas besoin de système de refroidissement, la seule chose qui dissipe de l'énergie est le smartphone est les pertes des composants (mais qu'on retrouve aussi en data center). De plus, tous nos matériaux de construction sont récupérés, ce qui limite beaucoup leur impact !

2. Concernant l'impact de la méthode de conception web, nous pouvons directement quantifier les bénéfices. On passe d'une page de 9,071 Mo à une page de 0,378 Mo. Les impacts associés à l'hébergement du site sont donc divisés par $^{9,071}/_{0,378} = 24$!!
3. En réponse à l'objectif 3, on pourra donc statuer que le changement d'hébergement vers notre système induit une multiplication par un facteur de moins de 10 des impacts, mais que l'écoconception permet la réduction par un facteur 24.

Pour résumer le classement serait donc le suivant :



La solution data center reste donc la plus efficace. Dans notre projet, on peut en conclure que c'est l'aspect sensibilisation qui primera. Il faut donc dès à présent apprendre à changer l'usage qu'on a du numérique : le but n'est pas forcément de faire mieux, car cela induit toujours des effets rebond. Le but aujourd'hui est de trouver comment faire moins !

Notre système ne sera doc utile que lorsque l'approvisionnement énergétique ne sera pas garanti de façon fiable, ou que le contrôle des données des data center deviendra trop critique, ou de façon plus générale, quand il faudra se réapproprier le numérique pour pouvoir toujours bénéficier de ses atouts, sans basculer dans la surconsommation qu'il prône aujourd'hui.

Impact environnemental de l'exposition

1. Les animations de l'exposition

Toutes les animations ont été réalisées à partir de matériel de récupération.
Les affiches peuvent être mises au recyclage tout comme le livre une fois la couverture plastique retirée
La maquette est conservée par l'école comme support de cours

La bouteille en plastique de 1,5 L

VII.2 Bilan global de la bouteille de 1.5l monocouche sans colorant ni opacifiant recyclée en application bouteille

Conclusion 1 : La consommation d'1,5 l de boissons contribue aux différentes catégories d'impacts à raison de :

	Allocation 50/50 R_1 = 25% - R_2 = 50%
Contribution à l'effet de serre (g éq. CO2/bouteille)	108
Contribution à l'acidification de l'air (g éq. SO2/bouteille)	0.4
Contribution à l'eutrophisation (g éq. PO4/bouteille)	0.04
Consommation de ressources énergétiques non renouvelables (MJ/bouteille)	2.6
Consommation d'eau (litre/bouteille)	0.7
Consommation de ressources minérales (MJ/bouteille)	$5.2\ 10^{-4}$
Production de déchets finaux (kg/bouteille)	0.014

Analyse du cycle de vie d'une bouteille PET – étude réalisée pour Elipso, Valorplast et Eco-Emballages Juin 2010 par RDC environnement

Les affiches, la maquette et le livre

Comme le papier et le carton utilisé sont issus de la récupération on prendra pour hypothèse que ce papier et ce carton est donc issu du recyclage.
On a comme poids :
- Pour les affiches : 300g/m2
- Pour la maquette : 450g/m2

Surface
- Pour les affiches : Papier 2,65 m^2 soit 1,2kg
- Pour la maquette : Carton 1,75m^2 soit 0,525kg
- Pour le livre : 450 pages soit 0,24x0,19 = 20,5m2 soit pour 80gCO2/m2

Élément	*Animation*	*Quantité*	*kWh*	*kg eq. CO2*
Papier	Affiches	2,65m2 soit 1,2 kg	3,62	0,802
Carton	Maquette	1,75m2 soit 0,525 kg	1,44	0,166
Livre	Comparaison papier/numérique	450 pages soit 0,24x0,19 = 20,5m2 soit pour 80gCO2/m2	7,41	1,641

Résultats par tonne collectée	Matière primaire (kWh)	Matière de recyclage (kWh)	Matière primaire (kg eq. CO2)	Matière de recyclage (kg eq. CO2)
Pâte à papier	9 193	2 739	297	317
Carton	13 115	3 017	390	670

Résultat de l'étude FEDEREC (2017)

Source : *[610] FEDEREC / Mars 2017 / Évaluation environnementale du recyclage en France selon la méthodologie de l'analyse de cycle de vie - Rapport final*

La Fédération Professionnelle des Entreprises du Recyclage (FEDEREC) a réalisé en 2017 le bilan environnemental du recyclage selon la méthode d'analyse de cycle de vie (ACV) pour les filières de recyclage les plus représentatives du marché français dont notamment les papiers et cartons.

2. Les ateliers

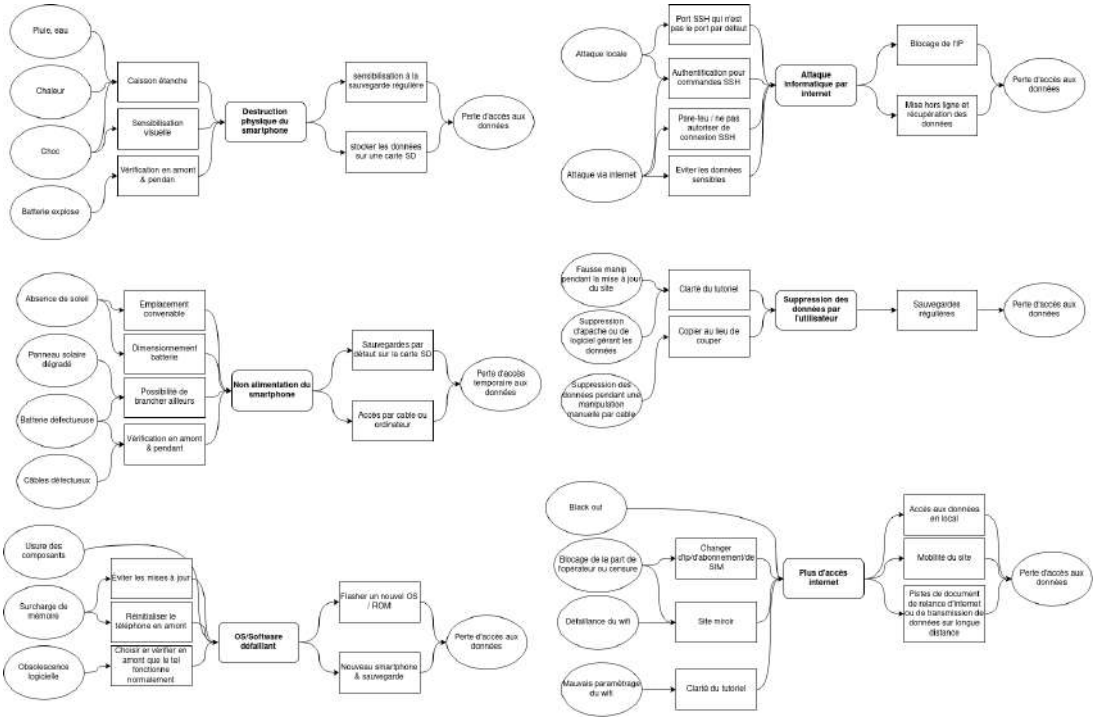
L'impact des ateliers se situe au niveau du poids de stockage des diaporamas supports. Les templates ont été transmis par clé USB afin de limiter le stockage et le téléchargement en ligne.

Diaporama	*Le stockage*
Réaliser son site Low-Tech	57 Ko (Pwp)
Les données	49,9 Mo (PwP) + 103,4 Mo (vidéo)
Total	154 Mo

3. Conclusion

L'impact de cette exposition est très limité en raison de la provenance des matériaux utilisés. De plus, la plupart des animations vont être recyclées, la maquette conservée et les diaporamas sont stockés en local sur un ordinateur.

O Diagrammes d'analyse de risque



System :	Dominik – server lowtech	performed by :	Julie, Valentin, Simon
Ref. drawing no. :	2	Date :	10/28/22

Description of unit			Description of failure			Effect of failure		
Composant	Function	Operational mode	Failure mode	Failure cause or mechanism	Detection of failure	On the subsystem	On the system function	Vraissemblence
Panneau solaire	Alimentation électrique autonome	Jour – génère 12V, 20W crête	Ne génère plus assez d'électricité	Absence de soleil pendant 2j	Mesure de décharge de la batterie	Décharge de la batterie	Arrêt du système	4
				Obstruction (poussière, objet..)	Mesure de décharge de la batterie	Décharge de la batterie	Arrêt du système	2
				Dégradation du panneau	Mesure de décharge de la batterie	Décharge de la batterie	Arrêt du système	2
		Nuit – génère 0V, 0W	Endommagement du panneau	Dégradation du panneau	Mesure de décharge de la batterie	Décharge de la batterie	Arrêt du système	2,5
Contrôleur de charge	Optimiser la charge de la batterie		Dysfonctionnement électrique (capteur, carte)	Fonctionnement en condition extrême (eau, surchauffe, gel, chocs, poussières et insectes)	Voyant lumineux, anomalie sur la mesure de charge de la batterie	n'assure plus le transfert d'énergie	n'assure plus le transfert d'énergie + endommage la batterie	1
Batterie	Stocker de l'énergie		Stockage d'énergie insuffisant	Usure	Baisse de l'autonomie significative, mesure de la tension	Performances atténuées	Dégrade le système (notamment panneau solaire) et atténue les performances	2
				Surchauffe	Humain (5 sens)	Performances atténuées / cassées	Dégrade le système (notamment panneau solaire) et atténue les performances	0,5
				Absence d'alimentation	Baisse de l'autonomie significative, mesure de la tension	Plus de batterie	Le système s'éteint	4
				Immersion dans l'eau	Humain (5 sens), baisse de charge significative	court circuit + cassage	Dégrade le système (notamment panneau solaire) et atténue les performances	0,5
			Explosion, flammes, fuite de produits dangereux	Court circuit, surchauffe, dégradation sévère	Humain (5 sens)	Plus de batterie, totalité du système endommagé/détruit	HS	0,2
Smartphone	Stockage et partage d'information	Partage de connexion internet	Plus de batterie	Dysfonctionnement de la batterie, pas assez de soleil	Mesure de décharge de la batterie	S'éteint	Arrêt du système	4
			Dysfonctionnement, endommagement (capteur, carte, écran, etc.)	Chute, obsolescence, piratage, conditions d'utilisation extrêmes	Ecran noir / bug	Interface smartphone difficile à utiliser	Accès et transferts de données difficiles	2
			Plus de connexion internet	Blackout total, plus de forfait/box, localisation sans réseau	Indicateur sur le smartphone	Pas d'accès à internet	Pas d'accès à internet	3
			Piratage / vol	Système de sécurité pas assez performant, utilisateur malveillant	Smartphone absent ou partiellement inutilisable (il est possible de ne pas détecter un piratage)	Disparition / piratage	Manque d'un composant, plus de système	0,1
		En mode réseau local	Plus de batterie	Dysfonctionnement de la batterie, pas assez de soleil	Mesure de décharge de la batterie	S'éteint	Arrêt du système	4
			Dysfonctionnement, endommagement (capteur, carte, écran, etc.)	Chute, obsolescence, piratage, conditions d'utilisation extrêmes	Ecran noir / bug	Interface smartphone difficile à utiliser	Accès et transferts de données difficiles	2
			Piratage / vol	Système de sécurité pas assez performant, utilisateur malveillant	Smartphone absent ou partiellement inutilisable (il est possible de ne pas détecter un piratage)	Disparition / piratage	Manque d'un composant, plus de système	0,1
		Utilisation sneakernet	Dysfonctionnement, endommagement (capteur, carte, écran, etc.)	Chute, obsolescence, piratage, conditions d'utilisation extrêmes	Ecran noir / bug	Interface smartphone difficile à utiliser	Accès et transferts de données difficiles	2
			Piratage / vol	Système de sécurité pas assez performant, utilisateur malveillant	Smartphone absent ou partiellement inutilisable (il est possible de ne pas détecter un piratage)	Disparition / piratage	Manque d'un composant, plus de système	0,1
			Pertes des données	fausse manip, crash total du système	Tél et carte SD vides	plus de données	plus de données	0,2
Fils de connexion	Connecter les composants entre eux	Connexion établie	Absence de connexion	Défaillance d'un adaptateur, fil rompu	Mesure de décharge de la batterie (seule et celle du tél)		Plus de source d'énergie	0,2
Caisson	Structure physique du système (transport, protection,…)	Transport	Endommagement mécanique	Chute, conditions extrêmes, vieillissement	Visuel	N'assure plus ses fonctions (étanchéité, transport,…)	N'est plus bien protégé	1
		Fixe	Endommagement mécanique	Chute, conditions extrêmes, vieillissement	Visuel	N'assure plus ses fonctions (étanchéité, protection,…)	N'est plus bien protégé	1

P Plan des ressources de sensibilisation

Low-tech numérique - Projet PISTE

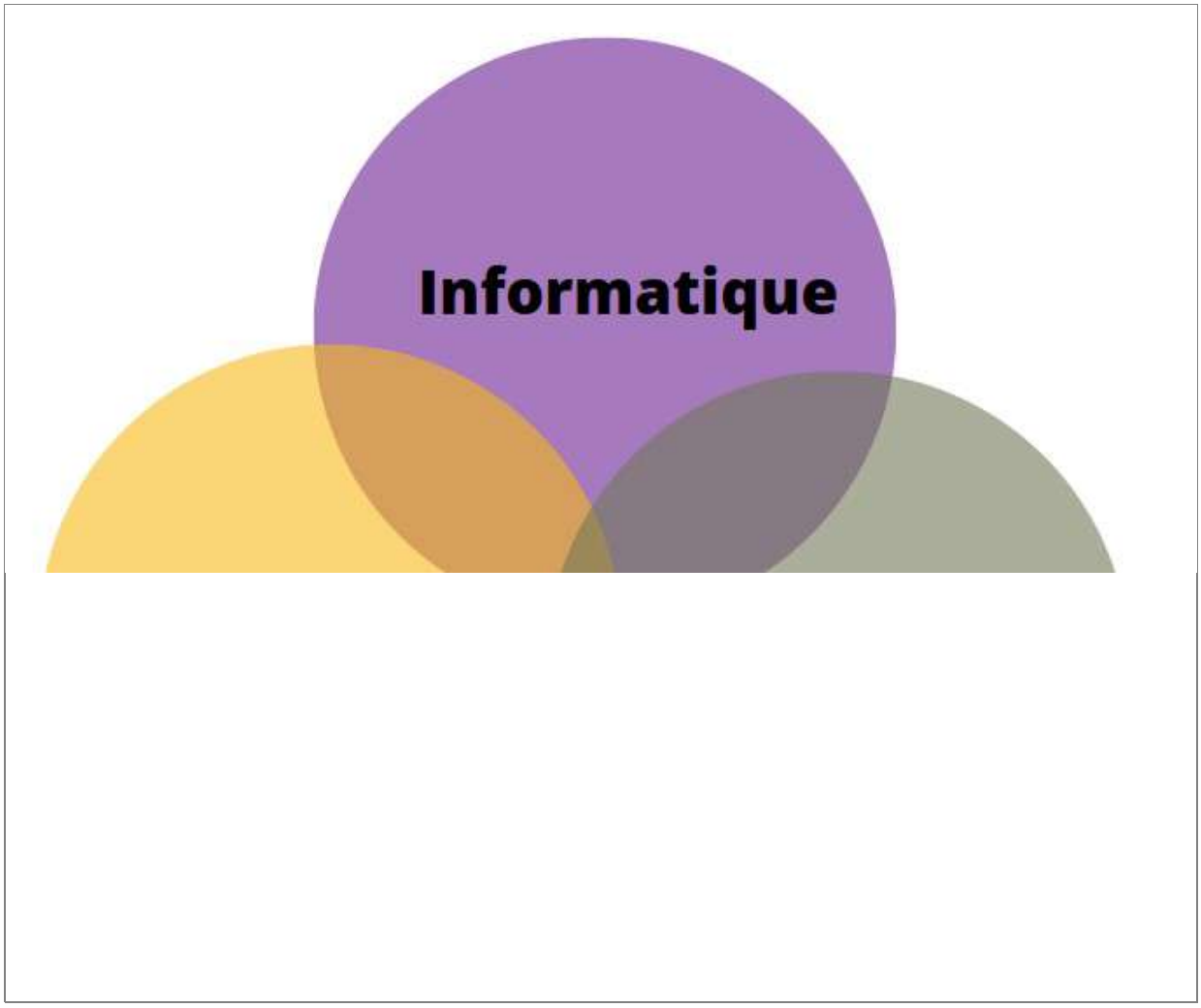
Ressources sur l'impact du numérique

Cette page rassemble des ressources qui nous paraissent intéressantes pour comprendre le numérique, ses impactes et des pistes vers comment construire (ou déconstruire) un numérique soutenable.

> Quand il est utilisé comme nom, le numérique désigne les technologies de l'information et de la communication. - Nantes Digital Week

> Les TIC, technologies de l'information et de la communication, regroupent tous les outils, logiciels ou matériels de traitement et de transmission des informations : appareils photos numériques, téléviseurs, téléphones portables, ordinateurs, etc. - Wikipédia

Une définition simple de ce qui peut être entendu par numérique est celle de Stéphane Vial : il parle de système numérique dont les trois versants sont **l'électronique, l'informatique, et les réseaux.**



Le numérique dépend d'infrastructures matérielles !

Derrières les clouds, les réseaux sociaux, la 5G, les objets connectés et n'importe quel site il y a des objets matériels, très gourmands en ressources et en énergies ! Serveurs, fibres optiques, câbles-sous-marins, alimentation en électricité, comment tout ça marche ?

- Comment fonctionne internet ? Lesics France (youtube) Une vidéo qui explique tout de A à Z sur le fonctionnement d'internet ! Un peu kitch, mais c'est l'occasion de comprendre ce qu'est la fibre optique, comment on atteint le serveur google, qu'est-ce qu'une IP, qu'est-ce ce qu'un DNS, quels sont les protocoles utilisés ?
  L'implantation d'un centre de données - Gauthier

Roussilhe (poster)
Carte "the physical internet"
Les cables sous marins (poster)
Submarine cable map
La chaine Youtube de Mr Bidouille aborde de nombreux sujets correspondant à la structure du réseau internet et à son fonctionnement, aussi bien matériel qu'immatériel. Le bon endroit pour comprendre comment marche les réseaux internet, un serveur DNS ou les risques de black-out !

Les impacts du numérique

- Sur l'ensemble des impacts :
  Françoise Berthoux Ecoinfo - Le numérique : menace ou espoir pour l'environnement ? (43mn)
  Cette vidéo présente de façon globale l'impact du numérique sur l'environnement. De la pollution aux déchets, des minerais aux effets rebonds, tout est là pour appréhender une vue globale.

- Sur les matériaux :
  Document de travail - La consommation de métaux du numérique : un secteur loin d'être dématérialisé (strategie.gouv.fr)
  Espace Presse - Tout s'explique : que contiennent nos smartphones ? (cea.fr)
  "Plus de 60 matériaux" sont nécessaires à la fabrication d'un smartphone. Dans ces matériaux, on retrouve en petites quantités des métaux rares et précieux tels que l'or, le tantale, le gallium, le platine, etc. Ils sont appelés « vitamines du numérique » grâce à leurs propriétés dopantes au niveau du stockage, durée de vie ou magnétisme.
  De l'extraction des matières premières à la gestion de

la fin de vie d'un smartphone, environ "70 kg de matière" sont mobilisés.
Un portable ne pèse pas 150g mais 150 kilos - Guillaume Pitron. Nous avons fait un résumé de cet article que tu peux lire ici !
Aurore Stéphant (SystExt) sur les ressources minières (thinkerview)

- Sur la consommation d'énergie :
  Data center, cables sous-marins, le numérique dépend d'un capitalisme sauvage - Fanny Lopez (A bout de flux)

- émissions GES, ACV :
  Situer le numérique (cahier n°2, partie "les impacts du numérique")
  Le plus gros problème du numérique ne réside pas dans sa consommation énergétique (bien que ce soit tout de même un problème), mais dans son impact global sur l'environnement. Entre la destruction d'écosystèmes pour le minage, la pollution des sols et de l'eau par les déchets des mines et les déchets électroniques eux-mêmes, la production de gaz à effet de serre,... le numérique agit sur tous les fronts.

- Problèmes éthiques (esclavage moderne, vie privée) :
  Le travail des enfants derrières la production de smartphone et de batteries de voitures - Amnesty international
  Cash investigations les nouveaux esclaves du numérique
  La quadrature du net *La Quadrature du Net promeut et défend les libertés fondamentales dans l'environnement numérique. L'association lutte contre la censure et la surveillance, que celles-ci viennent des États ou des entreprises privées. Elle questionne*

la façon dont le numérique et la société s'influence mutuellement. Elle œuvre pour un Internet libre, décentralisé et émancipateur.

- Addiction et bien-être mental
  Documentaire : The social Dilemma (Netflix)
  Le numérique pose de grosses questions sur la santé mentale des individus, et notamment des adolescent.e.s qui y sont particulièrement vulnérables. Addiction, comparaison à outrance, trouble du sommeil, TOC,... tous ces comportements prennent sources derrière l'écran de smartphone, et sont amplifiés par les géants du numérique qui savent modifier nos comportements grâce au profiling hyper-ciblé.

- DEEE (déchets)
  Sur les 53.6 millions de tonnes de déchets électroniques mondiaux en 2019, on ignore ce qu'est devenu 82.6% soit 44 millions de tonnes (OMS)
  Le Ghana, la décharge électronique de l'Europe

- Techno-critique (5G, Transition numérique pour la transition écologique, effets rebonds)
  La transition numérique, pour tout continuer comme avant - revue terrestre (critique de la transition numérique)
  La controverse de la 5G

Le numérique est donc par essence un secteur absolument catastrophiques pour les humains, le climat, la biodiversité et les ressources planétaires. Il convient donc d'entamer un vrai processus pour ne plus continuer sur cette fuite en avant technologique.

Vers un numérique responsable et

soutenable

- réduire notre consommation de numérique
    - sobriété numérique personnelle
    - écoconception numérique
      Situer le numérique (cahier n°3)
      Il existe de nombreuses pratiques qui permettent de limiter l'impact environnemental d'un site internet. Elles touchent certe le volume d'informations stockées, mais aussi leur dynamisme, l'utilisation de bases de données, le traçage, l'incitation au clic, le pilotage, etc...
    - Allongement des durées de vie et réusage/récupération, réparation

- se réapproprier le numérique
    - Les chatons services informatiques locaux libre et open source, Framasoft : alternatives libres aux gafam, Linux et plein d'autres !
    - réusage/récupération

- repenser le numérique : qu'est-ce qu'il nous suffit de conserver dans le numérique pour s'épanouir collectivement ?
    - Low-Tech et Communs
      Comment batir un internet low-tech
      Le numérique peut-il devenir Low-tech ?
      Des low-tech numériques aux numériques situés
      Low-technisation et Numérique (Lownum) Petite mine d'or, ce site de Stéphane Croizat rassemble de nombreuse piste autour de la low-technisation du numérique
    - Sneakernet

Le Sneakernet est une méthode de transfert de fichier sans réseau informatique, qui fonctionne par exemple par l'intermédiaire de clés USB ou de disques durs externes.
Dans certains cas (besoin de débit fort et besoin de latence faible), ce type de transport peut être plus rapide qu'Internet. Ce procédé est également protégé de toute surveillance car chaque périphérique de stockage ne peut être suivi.

- Partie Les pratiques soutenables existantes page 232 de Situer le Numérique

- **Démantèlement du numérique** - héritage et fermeture
  Il est nécessaire de repenser le numérique ainsi que les infrastructures matérielles et numériques qui le compose. Il faut réfléchir au devenir de l'intégralité du secteur industriel et commercial "négatif" associé au numérique, dont nous avons collectivement "hérité". À contre-courant de notre société qui prône d'ouvrir, de créer et le nouveau, les auteurs proposent de penser à "fermer", à démanteler et à rediriger ces communs négatifs dont nous avons hérité.
  Nous devons apprendre à désinnover - tribune sur Le Monde pour une écologie du démantèlement par les auteurs d'Heritage et Fermeture

- CollapseOS *est un système d'exploitation open-source en construction. L'idée derrière son développement serait de pouvoir assurer un numérique minimal dans un contexte extrêmement contraint, par exemple post-effondrement.*

Ressources qui parlent de l'ensemble des questionnements

- Le numérique peut-il devenir Low-tech ? - Socialter
- Résumé du livre "Vers un numérique responsable Repensons notre dépendance aux technologies digitales" - Vincent Courboulay
- Note de cours "Introduction à la sobriété Numérique" de Bernard Tourancheau
- Gauthier Roussilhe - Explorer les écosystèmes numériques possibles dans un monde soutenable
- Pour un numérique sobre - the shift project - On a fait un résumé de ce rapport ici !

Q Supports des ateliers de sensibilisation à l'ENSE3

Création Site de Césure

Numérique Low-tech projet Piste

Objectifs à atteindre

- Comprendre les notions de : site internet, serveur, data center et l'impact écologique associé

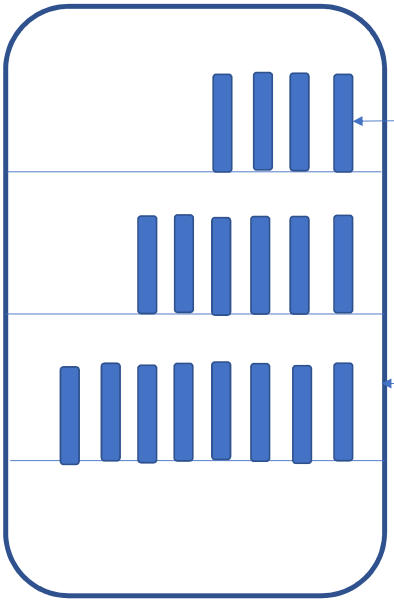
- Créer un site en éco-conception via la prise en main du template

- Initiation rapide aux bases de HTML et CSS

Déroulé de la séance

	Temps	Descriptif	Objectifs	
1	5min	Présentation de : LowTechNum, l'emploi du temps et plan, objectif de la séance	Poser le cadre	1
2	10 min	Partie théorique : qu'est ce qu'un site internet, un serveur, fonctionnement (analogie bibliothèque, livres)	**Obj1**	1
3	5 min	Explications succinctes de HTML et CSS et tableau comparatif impact écologique	**Obj3 :** Découvrir le template, expliquer le fonctionnement	1
4	15 min	Réalisation du site en autonomie, les LTN passent dans les groupes si besoin de questions	**Obj2 + Obj3 :** Compréhension du fonctionnement du template, prise en main	0
5	15 min	Point intermédiaire : continu en autonomie avec ajout	**Obj2 :** Avancer sur la réalisation du site	0
6	10 min	Conclusion : présentation rapide du site internet, montrer les sections sur lesquelles les tutoriels et ressources sont disponibles	**Obj1 :** Clôturer le cours + présenter le site internet	1
7	+ min	Temps d'échange : questions éventuelles à poser en fin de séance	Libérer les élèves et seuls ceux intéresser restent	0

Partie théorique : notions



Site : ensemble de pages web et de ressources reliées par des hyperliens,, défini et accessible par une adresse web. Un site est développé à l'aide de langages de programmation web, puis hébergé sur un serveur web accessible via le réseau mondial Internet, un intranet local, ou n'importe quel autre réseau, tel que le réseau Tor.

Data Center : regroupement d'équipements constituants d'un système d'information (ordinateurs centraux, serveurs, baies de stockage, équipements réseaux et de télécommunications, etc.
Lorsqu'un centre de données est utilisé commercialement pour fournir une prestation de service à des particuliers ou des entreprises, on parle de cloud.

- Toujours consultable
- Stockage d’un site + ou – lourd en fonction du contenu et de la manière dont a été codé le site

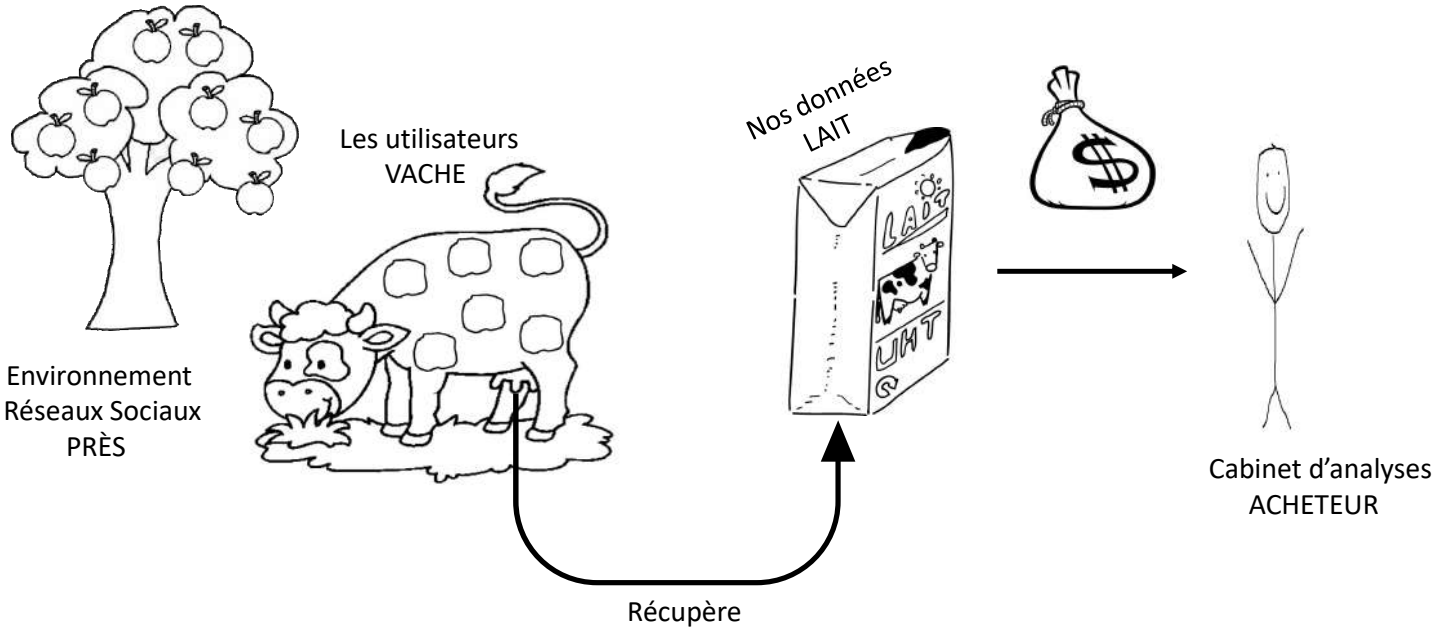
- Ce qui consomme ?
  - La construction d’un data center
  - Le fonctionnement du data center

Protection de tes données

Déroulé de la séance

	Temps	Descriptif	Objectifs	
1	5min	Présentation de : LowTechNum, l'emploi du temps et plan, objectif de la séance	Poser le cadre	1
2	20 min	Partie théorique : résumé du Chapitre 5 du livre de Vincent Courboulay Vers un numérique responsable		1
3	5 min	Effacer ces données Google		1
4	15 min	Effacer ces données Facebook		0
5	15 min			0
6	10 min	Conclusion : présentation rapide du site internet, montrer les sections sur lesquelles les tutoriels et ressources sont disponibles		1
7	+ min	Temps d'échange : questions éventuelles à poser en fin de séance	Libérer les élèves et seuls ceux intéresser restent	0

Capitalisme de surveillance : L'Occident



Le scandale Cambrige Analytica : *contexte*

- Chercheurs s'intéressent au profil psychologique d'un utilisateur grâce à ses « j'aime »
- CA veut collaborer > tout le monde dit NON sauf un mec
  - 270.000 participant consentants via une application
  - Revente des données des participants + amis participants : +87 millions de profils touchés
- Strategic Communication Laboratories filiale CA : spécialisée dans stratégie d'influence auprès gouvernements
  - SCL embauché par la campagne présidentielle de Donald Trump

Le scandale Cambrige Analytica : *l'action*

- 19/10/2016 : 3e jour de débat entre Clinton et Trump
- 175.000 messages envoyés sur Facebook avec des couleurs, photos, légendes et vidéos
  - Afro-américains : vidéo de Clinton disant que les hommes noirs sont des prédateurs
  - District de Little Haïti : Clinton Fondation a échoué dans son aide
- 03/2018 : scandale éclate avec l'enquête du *NY Times*, *The Guardian* et *Channel 4 News*
- Christopher Wylie : « Sans CA il n'y aurait pas eu de Brexit »

Communisme de surveillance : la Chine

- Techno-dictature : Black Mirror Chute libre, S3 E1
  - Punition humiliation publique

- Environ 2 caméras/habitant soit un total de 2,7 milliards

Anarchisme de surveillance

- « Le code c’est la loi » juriste américain Lawrence Lessig

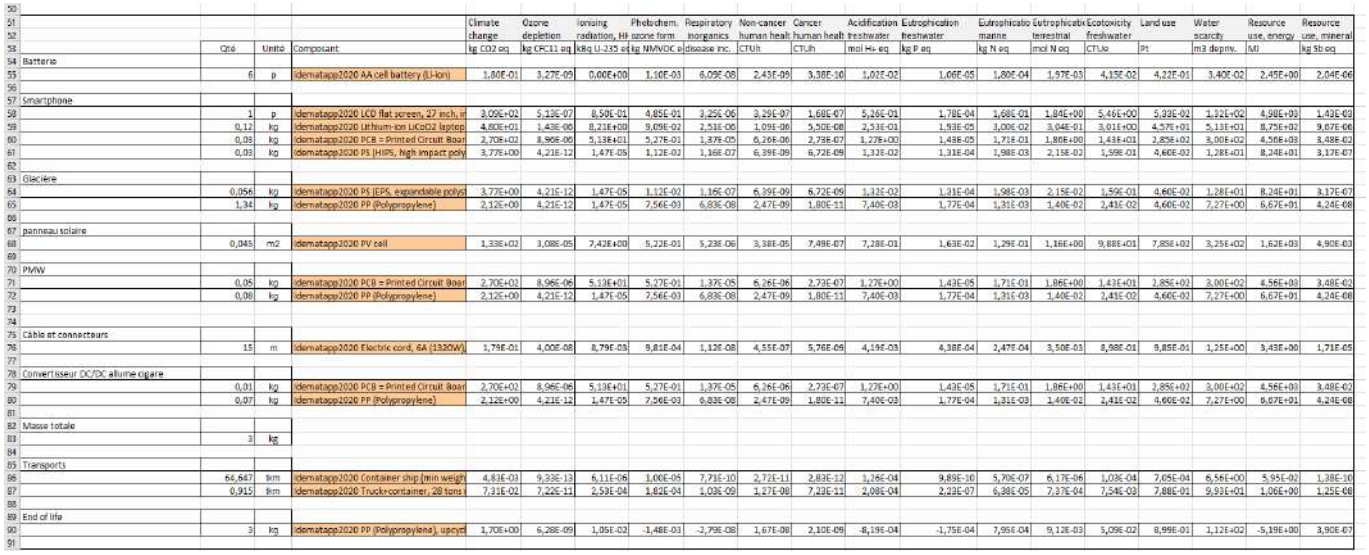
- Darknet, The Onion Router
  - Permet de contrer les radars des Etats ou entreprises

Partie pratique

- Résister
- Repense son rapport aux réseaux
- Limiter ses données tant pour des raisons de sécurité que de stockage

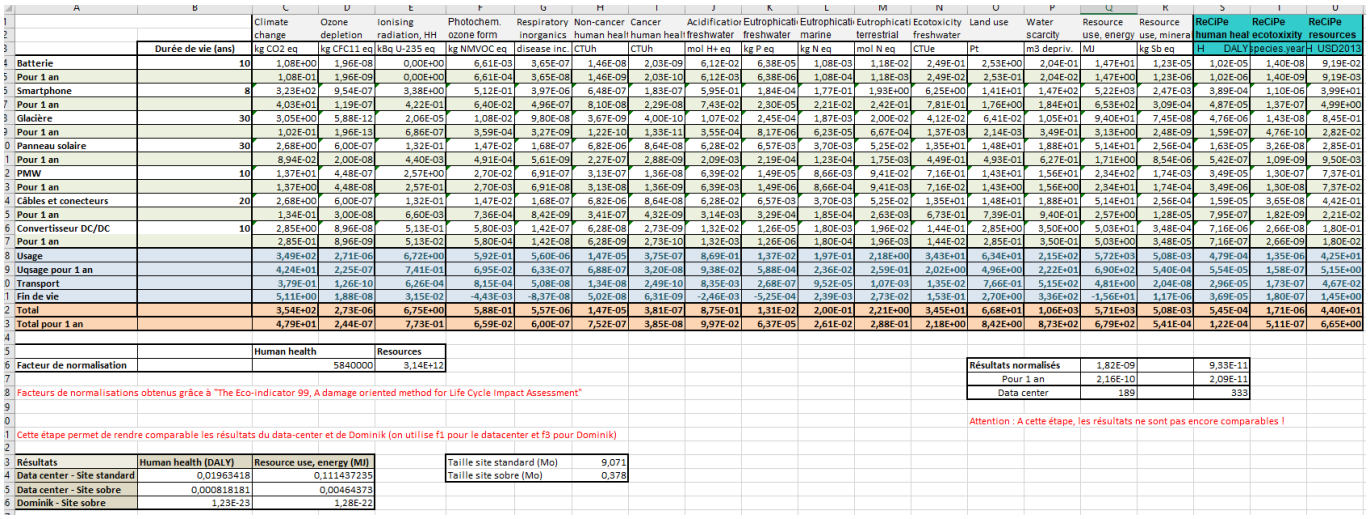
Tutoriel : supprimer le suivi par Google

1. Désactiver l’enregistrement des positions
   - Https://myactivity.google.com/myactivity
   - Commande relative à l’activité



	Qté	Unité	Composant	Climate change kg CO2 eq	Ozone depletion kg CFC11 eq	Ionising radiation, HH kBq U-235 eq	Photochem. ozone form kg NMVOC eq	Respiratory inorganics disease inc.	Non-cancer human healt CTUh	Cancer human healt CTUh	Acidification freshwater mol H+ eq	Eutrophication freshwater kg P eq	Eutrophicatio marine kg N eq	Eutrophicatio terrestrial mol N eq	Ecotoxicity freshwater CTUe	Land use Pt	Water scarcity m3 depriv.	Resource use, energy MJ	Resource use, mineral kg Sb eq
Batterie																			
	6	p	idematapp2020 AA cell battery (Li-Ion)	1,80E-01	3,27E-09	0,00E+00	1,10E-03	6,09E-08	2,43E-09	3,38E-10	1,02E-02	1,06E-05	1,80E-04	1,57E-03	4,15E-02	4,22E-01	3,40E-02	2,45E+00	2,04E-06
Smartphone																			
	1	p	idematapp2020 LCD flat screen, 27 inch, ir	3,09E+02	5,12E-07	8,59E-01	4,85E-01	3,25E-06	3,29E-07	1,68E-07	5,26E-01	1,78E-04	1,68E-01	1,84E+00	5,46E+00	5,93E-02	1,32E+02	4,98E+03	1,42E-03
	0,12	kg	idematapp2020 Lithium-ion LiCoO2 laptop	4,80E+01	1,43E-06	8,21E+00	9,09E-02	2,53E-06	1,09E-06	5,50E-08	2,33E-01	1,93E-05	1,00E-02	3,04E-01	3,01E+02	4,57E+01	5,13E+01	8,75E+02	9,67E-06
	0,08	kg	idematapp2020 PCB = Printed Circuit Boar	2,70E+02	8,96E-06	5,13E+01	5,27E-01	1,87E-05	6,26E-06	2,73E-07	1,27E+00	1,43E-05	1,71E-01	1,80E+00	1,43E+01	2,85E+02	3,00E+02	4,56E+03	3,48E-02
	0,03	kg	idematapp2020 PS HIPS, high impact poly	3,77E+00	4,21E-12	1,47E-05	1,12E-02	1,16E-07	6,39E-09	6,72E-09	1,32E-02	1,31E-04	1,98E-03	2,15E-02	1,59E-01	4,60E-02	1,28E+01	8,24E+01	3,17E-07
Glacière																			
	0,056	kg	idematapp2020 PS (EPS, expandable polys	3,77E+00	4,21E-12	1,47E-05	1,12E-02	1,16E-07	6,39E-09	6,72E-09	1,32E-02	1,31E-04	1,98E-03	2,15E-02	1,59E-01	4,60E-02	1,28E+01	8,24E+01	3,17E-07
	1,34	kg	idematapp2020 PP (Polypropylene)	2,12E+00	4,21E-12	1,47E-05	7,56E-03	6,83E-08	2,47E-09	1,80E-11	7,40E-03	1,77E-04	1,31E-03	1,40E-02	2,41E-02	4,60E-02	7,27E+00	6,67E+01	4,24E-08
panneau solaire																			
	0,045	m2	idematapp2020 PV cell	1,33E+02	3,08E-05	7,42E+00	5,22E-01	5,23E-06	3,38E-05	7,49E-07	7,28E-01	1,63E-02	1,29E-01	1,16E+00	9,88E+01	7,85E+02	3,25E+02	1,62E+03	4,90E-03
PMW																			
	0,05	kg	idematapp2020 PCB = Printed Circuit Boar	2,70E+02	8,96E-06	5,13E+01	5,27E-01	1,87E-05	6,26E-06	2,73E-07	1,27E+00	1,43E-05	1,71E-01	1,80E+00	1,43E+01	2,85E+02	3,00E+02	4,56E+03	3,48E-02
	0,08	kg	idematapp2020 PP (Polypropylene)	2,12E+00	4,21E-12	1,47E-05	7,56E-03	6,83E-08	2,47E-09	1,80E-11	7,40E-03	1,77E-04	1,31E-03	1,40E-02	2,41E-02	4,60E-02	7,27E+00	6,67E+01	4,24E-08
Câble et connecteurs																			
	15	m	idematapp2020 Electric cord, 6A (1320W)	1,79E-01	4,00E-08	8,79E-03	9,81E-04	1,12E-08	4,55E-07	5,76E-09	4,19E-03	4,38E-04	2,47E-04	3,50E-03	8,98E-01	9,85E-01	1,25E+00	3,43E+00	1,71E-05
Convertisseur DC/DC allume cigare																			
	0,01	kg	idematapp2020 PCB = Printed Circuit Boar	2,70E+02	8,96E-06	5,13E+01	5,27E-01	1,87E-05	6,26E-06	2,73E-07	1,27E+00	1,43E-05	1,71E-01	1,80E+00	1,43E+01	2,85E+02	3,00E+02	4,56E+03	3,48E-02
	0,07	kg	idematapp2020 PP (Polypropylene)	2,12E+00	4,21E-12	1,47E-05	7,56E-03	6,83E-08	2,47E-09	1,80E-11	7,40E-03	1,77E-04	1,31E-03	1,40E-02	2,41E-02	4,60E-02	7,27E+00	6,67E+01	4,24E-08
Masse totale																			
	3	kg																	
Transports																			
	66,647	tkm	idematapp2020 Container ship (min weigh	4,83E-01	9,33E-13	6,11E-06	1,00E-05	7,71E-10	2,72E-11	2,83E-12	1,26E-04	9,89E-10	5,70E-07	6,17E-06	1,03E-04	7,05E-04	6,56E+00	5,95E-02	1,38E-10
	0,915	tkm	idematapp2020 Truck+container, 28 tons	7,31E-02	7,22E-11	2,59E-04	1,82E-04	1,03E-09	1,27E-08	7,23E-11	2,08E-04	2,23E-07	6,38E-05	7,37E-04	7,54E-03	7,88E-01	9,91E+01	1,06E+00	1,25E-08
End of life																			
	3	kg	idematapp2020 PP (Polypropylene), upcycl	1,70E+00	6,28E-09	1,05E-02	-1,48E-03	-2,79E-08	1,67E-08	2,10E-09	-8,19E-04	-1,75E-04	7,95E-04	9,12E-03	5,09E-02	8,99E-01	1,12E+02	-5,19E+00	3,90E-07

FIGURE 30 – Résultat d'ACV - tableau n°2



	Durée de vie (ans)	Climate change kg CO2 eq	Ozone depletion kg CFC11 eq	Ionising radiation, HH kBq U-235 eq	Photochem. ozone form kg NMVOC eq	Respiratory inorganics disease inc.	Non-cancer human healt CTUh	Cancer human healt CTUh	Acidification freshwater mol H+ eq	Eutrophicati freshwater kg P eq	Eutrophicati marine kg N eq	Eutrophicati terrestrial mol N eq	Ecotoxicity freshwater CTUe	Land use Pt	Water scarcity m3 depriv.	Resource use, energy MJ	Resource use, minera kg Sb eq	ReCiPe human heal H	ReCiPe ecotoxicity DALY	ReCiPe resources species.year	H USD2013
Batterie	10	1,08E+00	1,96E-08	0,00E+00	6,61E-03	3,65E-07	1,46E-08	2,03E-09	6,12E-02	6,38E-05	1,08E-03	1,18E-02	2,49E-01	2,53E+00	2,04E-01	1,47E+01	1,23E-05	1,02E-05	1,40E-08	9,19E-02	
Pour 1 an		1,08E-01	1,96E-09	0,00E+00	6,61E-04	3,65E-08	1,46E-09	2,03E-10	6,12E-03	6,38E-06	1,08E-04	1,18E-03	2,49E-02	2,53E-01	2,04E-02	1,47E+00	1,23E-06	1,02E-06	1,40E-09	9,19E-03	
Smartphone	8	3,23E+02	9,54E-07	3,38E+00	5,12E-01	3,97E-06	6,48E-07	1,83E-07	5,95E-01	1,84E-04	1,77E-01	1,93E+00	6,25E+00	1,41E+01	1,47E+02	5,22E+03	2,47E-03	3,89E-04	1,10E-06	3,99E+01	
Pour 1 an		4,03E+01	1,19E-07	4,22E-01	6,40E-02	4,96E-07	8,10E-08	2,29E-08	7,43E-02	2,30E-05	2,21E-02	2,42E-01	7,81E-01	1,76E+00	1,84E+01	6,53E+02	3,09E-04	4,87E-05	1,37E-07	4,99E+00	
Glacière	30	3,05E+00	5,88E-12	2,06E-05	1,08E-02	9,80E-08	3,67E-09	4,00E-10	1,07E-02	2,45E-04	1,87E-03	2,00E-02	4,12E-02	6,41E-02	1,05E+01	9,40E+01	7,45E-08	4,76E-06	1,43E-08	8,45E-01	
Pour 1 an		1,02E-01	1,96E-13	6,86E-07	3,59E-04	3,27E-09	1,22E-10	1,33E-11	3,55E-04	8,17E-06	6,23E-05	6,67E-04	1,37E-03	2,14E-03	3,49E-01	3,13E+00	2,48E-09	1,59E-07	4,76E-10	2,82E-02	
Panneau solaire	30	2,68E+00	6,00E-07	1,32E-01	1,47E-02	1,68E-07	6,82E-06	8,64E-08	6,28E-02	6,57E-03	3,70E-03	5,25E-02	1,35E+01	1,48E+01	1,88E+01	5,14E+01	2,56E-04	1,63E-05	3,26E-08	2,85E-01	
Pour 1 an		8,94E-02	2,00E-08	4,40E-03	4,91E-04	5,61E-09	2,27E-07	2,88E-09	2,09E-03	2,19E-04	1,23E-04	1,75E-03	4,49E-01	4,93E-01	6,27E-01	1,71E+00	8,54E-06	5,42E-07	1,09E-09	9,50E-03	
PMW	10	1,37E+01	4,48E-07	2,57E+00	2,70E-02	6,91E-07	3,13E-07	1,36E-08	6,39E-02	1,49E-05	8,66E-03	9,41E-02	7,16E-01	1,43E+01	1,56E+01	2,34E+02	1,74E-03	3,49E-05	1,30E-07	7,37E-01	
Pour 1 an		1,37E+00	4,48E-08	2,57E-01	2,70E-03	6,91E-08	3,13E-08	1,36E-09	6,39E-03	1,49E-06	8,66E-04	9,41E-03	7,16E-02	1,43E+00	1,56E+00	2,34E+01	1,74E-04	3,49E-06	1,30E-08	7,37E-02	
Câbles et conecteurs	20	2,68E+00	6,00E-07	1,32E-01	1,47E-02	1,68E-07	6,82E-06	8,64E-08	6,28E-02	6,57E-03	3,70E-03	5,25E-02	1,35E+01	1,48E+01	1,88E+01	5,14E+01	2,56E-04	1,59E-05	3,65E-08	4,42E-01	
Pour 1 an		1,34E-01	3,00E-08	6,60E-03	7,36E-04	8,42E-09	3,41E-07	4,32E-09	3,14E-03	3,29E-04	1,85E-04	2,63E-03	6,73E-01	7,39E-01	9,40E-01	2,57E+00	1,28E-05	7,95E-07	1,82E-09	2,21E-02	
Convertisseur DC/DC	10	2,85E+00	8,96E-08	5,13E-01	5,80E-03	1,42E-07	6,28E-08	2,73E-09	1,32E-02	1,26E-05	1,80E-03	1,96E-02	1,44E-01	2,85E+00	3,50E+00	5,03E+01	3,48E-04	7,16E-06	2,66E-08	1,80E-01	
Pour 1 an		2,85E-01	8,96E-09	5,13E-02	5,80E-04	1,42E-08	6,28E-09	2,73E-10	1,32E-03	1,26E-06	1,80E-04	1,96E-03	1,44E-02	2,85E-01	3,50E-01	5,03E+00	3,48E-05	7,16E-07	2,66E-09	1,80E-02	
Usage		3,49E+02	2,71E-06	6,72E+00	5,92E-01	5,60E-06	1,47E-05	3,75E-07	8,69E-01	1,37E-02	1,97E-01	2,18E+00	3,43E+01	6,34E+01	2,15E+02	5,72E+03	5,08E-03	4,79E-04	1,35E-06	4,25E+01	
Usage pour 1 an		4,24E+01	2,25E-07	7,41E-01	6,95E-02	6,33E-07	6,88E-07	3,20E-08	9,38E-02	5,88E-04	2,36E-02	2,59E-01	2,02E+00	4,96E+00	2,22E+01	6,90E+02	5,40E-04	5,54E-05	1,58E-07	5,15E+00	
Transport		3,79E-01	1,26E-10	6,26E-04	8,15E-04	5,08E-08	1,34E-08	2,49E-10	8,35E-03	2,68E-07	9,52E-05	1,07E-03	1,35E-02	7,66E-01	5,15E+02	4,81E+00	2,04E-08	2,96E-05	1,73E-07	4,67E-02	
Fin de vie		5,11E+00	1,88E-08	3,15E-02	-4,43E-03	-8,37E-08	5,02E-08	6,31E-09	-2,46E-03	-5,25E-04	2,39E-03	2,73E-02	1,53E-01	2,70E+00	3,36E+02	-1,56E+01	1,17E-06	3,69E-05	1,80E-07	1,45E+00	
Total		**3,54E+02**	**2,73E-06**	**6,75E+00**	**5,88E-01**	**5,57E-06**	**1,47E-05**	**3,81E-07**	**8,75E-01**	**1,31E-02**	**2,00E-01**	**2,21E+00**	**3,45E+01**	**6,68E+01**	**1,06E+03**	**5,71E+03**	**5,08E-03**	**5,45E-04**	**1,71E-06**	**4,40E+01**	
Total pour 1 an		**4,79E+01**	**2,44E-07**	**7,73E-01**	**6,59E-02**	**6,00E-07**	**7,52E-07**	**3,85E-08**	**9,97E-02**	**6,37E-05**	**2,61E-02**	**2,88E-01**	**2,18E+00**	**8,42E+00**	**8,73E+02**	**6,79E+02**	**5,41E-04**	**1,22E-04**	**5,11E-07**	**6,65E+00**	

	Human health	Resources
Facteur de normalisation	5840000	3,14E+12

Résultats normalisés		
	1,82E-09	9,33E-11
Pour 1 an	2,16E-10	2,09E-11
Data center	189	333

Facteurs de normalisations obtenus grâce à "The Eco-indicator 99, A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment"

Attention : A cette étape, les résultats ne sont pas encore comparables !

Cette étape permet de rendre comparable les résultats du data-center et de Dominik (on utilise f1 pour le datacenter et f3 pour Dominik)

Résultats	Human health (DALY)	Resource use, energy (MJ)
Data center - Site standard	0,01963418	0,111437235
Data center - Site sobre	0,000818181	0,00464373
Dominik - Site sobre	1,23E-23	1,28E-22

Taille site standard (Mo)	9,071
Taille site sobre (Mo)	0,378

FIGURE 31 – Résultat d'ACV - tableau n°3

R Imaginaire du futur : L'arrivée de Dominik au Low-tech lab de Grenoble

2023 : Arrivée de Dominik au Low-tech Lab Grenoble Je suis bien arrivé au local. Tout le monde est bien enthousiaste à l'idée que j'héberge les données de l'asso. Cependant le mois de février 2023 est très nuageux, je ne suis pas installé assez près de la fenêtre et ma batterie se vide petit à petit... Ainsi le 28 février, je m'éteins et rend inaccessible les données de l'association aux bénévoles. A cause de ça, on rate 3 appels à projet et on passe à côté de 100 000€ de subventions. On m'appelle Dominik le boulet.... En 2024, un piratage de Google se fait sentir. Je suis redémarré par les copains de l'association.

2025 : piratage du Google Drive de l'association D'objet de démonstration et tabouret temporaire, je deviens le centre des réflexions de l'association. Un groupe de travail est lancé pour que j'héberge l'ensemble des documents et pads de l'asso. Je suis bien content. Léopold (le vice-secrétaire de l'asso) décide de me créer deux frères/sœurs qui se répartissent entre les différents locaux (Maison mère Abbaye, l'antenne Kase-hi-Hîle, et la succursale VénaVol), créant un réseau de partage autour de Grenoble. Alternatiba, X-R et Copains d'Avant Grenoble demandent au Low-Tech Lab de les former à ma conception. Je sens que ma famille va s'agrandir...

2027 : Récupération de glacières J'ai ma petite place dans le local du LTLG. Les gens me connaissent et sont gentils avec moi. J'ai réussi à me faire une place au sein de la communauté et je me sens enfin utile aux autres. L'autre soir, j'ai entendu une discussion téléphonique avec le président de l'asso et la société Picard. Les bougres ont fait faillite et ils nous proposent de récupérer 2-3 glaciaires. Le lendemain, voilà 2-3 camions qui déchargent des centaines de glaciaires devant le local. Il semble qu'il y ait eu un malentendu. Le président parle au conducteur en faisant de grands gestes et lui montrant son doigt. Moi je me sens un peu triste de voir les carcasses de mes frères et sœurs éparpillées sur la pelouse. La situation est un peu tendue au local. Je me fais tout petit et je sens que mes fichiers ne sont pas très utiles dans cette situation inédite. Que va-t-on faire des mes compères vierges ? Ils ont perdus leur utilité et le sens de leur vie ? Moi je suis là pour leur donner de l'espoir. Pour leur montrer que dans la vie on peut toujours se retourner, il n'est jamais trop tard pour devenir un serveur, même quand on est une glaciaire.

2029 : Pandémie : la moitié de la population mondiale disparaît Suite à une pandémie mondiale, la moitié des humains meurent et moi, je continue tranquillement à me multiplier. Comme les infrastructures humaines ont quand même besoin de monde pour fonctionner, la majorité d'entre elles sont aujourd'hui hors de fonctionnement. Seuls de petits systèmes simples, comme moi, permettent maintenant aux humains de communiquer entre eux. On perfectionne mon wifi longue portée qui me permet de communiquer avec les cousin-ine-s, et améliore un peu mon interface utilisateur. Tous les humains commencent à bien me prendre en main. Un jour, je me rends compte que petit à petit, nous commençons à être saturé de fichier qui semble procure du plaisir aux humains. Les cartes mémoires sont pleins de fichiers dénommés X par les utilisateurs. Ces derniers laissent peu de place de stockages aux informations vitales au redémarrage post-pandémique. Un groupe de programmeur arrive à bloquer ces fichiers trop volumineux pour nos petits systèmes, ce qui nous rend plus fluide et fonctionnel. Une forme de stabilité revient dans l'usage des Dominiks et dans la vie des humains.

2031 : Le numérique devient un luxe Après 8 ans de bons et loyaux services au LTLGrenoble, mes composants réemployés à l'époque commencent à rendre l'âme... La récente pénurie de matériaux déchaîne les dernières industries et l'état qui mettent en place des groupes de récupérateurs armés qui sécurisent et s'accaparent les Mines Urbaines. Au Low-tech Lab Grenoble, les "réunions mensuelles" perdurent comme un rituel tous les premiers mercredis du mois. On se réunit pour déguster les délicieux ragoûts de navets au cuiseur à bois, et se rappeler comme on se sent mieux maintenant à partager des repas à la lumière du feu plutôt qu'à l'époque en train de discuter sur ce qu'on allait faire de moi. A la fin du repas, on garde les restes dans mes frères et sœurs et moi-même, remettant au premier plan notre condition de glacière, dernier usage possible de nos carcasses après avoir jeté les batteries sur les forces de l'ordre lors de la dernière manif.

2033 : Le Low-Tech Lab Grenoble ne mobilise plus de ressources numériques, et laisse Dominik en paix

S Tutoriel publié sur le wiki du Low-Tech Lab

Nous avons publié 5 tutoriels sur le Wiki du Low-tech Lab (à retrouver sur le lien clickable) :

1. Dominik - serveur modulable autoalimenté en réemploi
2. Dominik - module électronique central
3. Dominik - module énergétique
4. Dominik - module de mobilité
5. Dominik - module éco-conception web

Le premier tutoriel a pour but de présenter la construction de A à Z d'un système modulable et mobile d'alimentation, d'hébergement et de partage numérique bas carbone, à base de matériaux de récupération abritant un site internet web écoconçu (Dominik). Il lors des différentes phases de réalisation, il renvoie sur les 4 autres tutoriels qui sont des prérequis à sa réalisation.

Voici quelques captures d'écran de ces tutoriels :

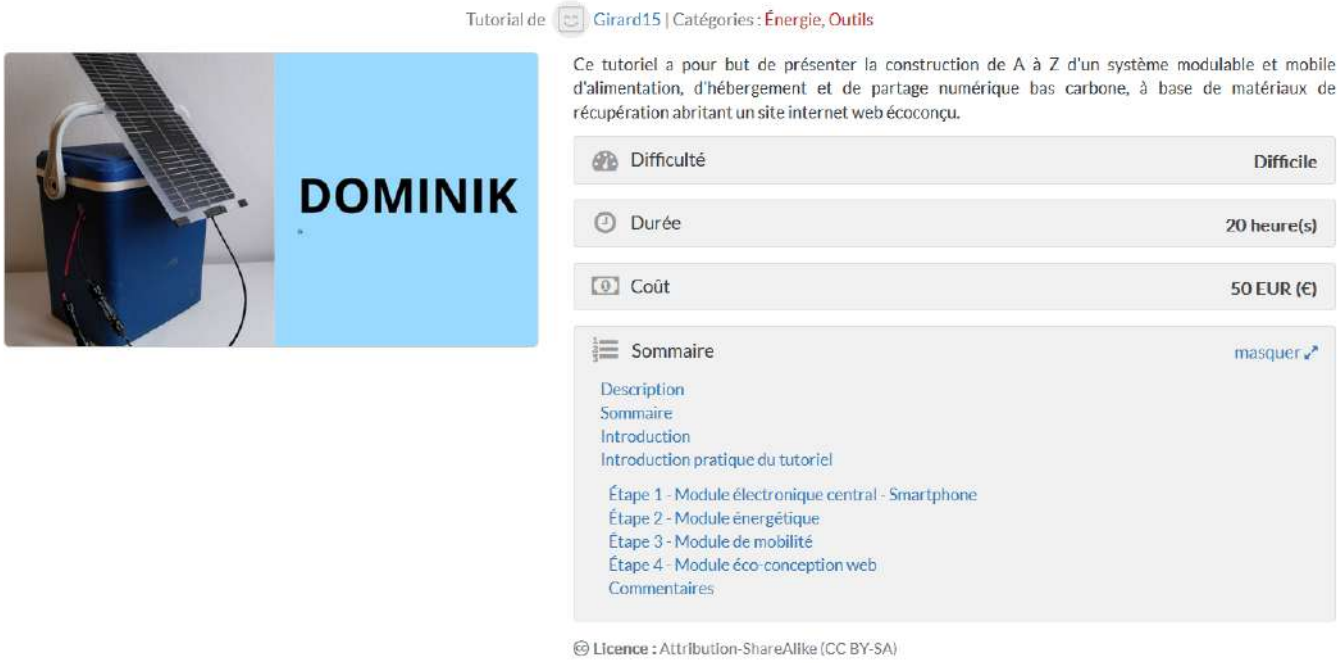


FIGURE 32 – Dominik - serveur modulable autoalimenté en réemploi | image n°1

Introduction pratique du tutoriel

Ce tutoriel est divisé en différents modules qui peuvent être suivis indépendamment. Pour éviter trop de lourdeur de ce tutoriel, les modules sont rédigés sur des tutoriels à part entiers sur le wiki du low-tech lab. Vous trouverez le liens de ces tutoriels dans les différentes parties

- **Module électronique central (smartphone)**

L'objectif de ce module central est d'obtenir un smartphone fonctionnel permettant l'hébergement de fichiers sur un serveur local qu'il contient, l'hébergement d'un site web ainsi que sa mise en ligne par une WIFI extérieure et le partage de connexion pour permettre l'accès à internet. Il permettra aussi de créer autour de lui un réseau local auquel d'autres appareils électroniques environnants pourront se connecter.

- **Module énergétique (alimentation photovoltaïque)**

L'objectif de ce module énergétique est d'obtenir une alimentation photovoltaïque connecté à une batterie et un régulateur afin d'alimenter au maximum le module central.

- **Module de mobilité (glacière de transport)**

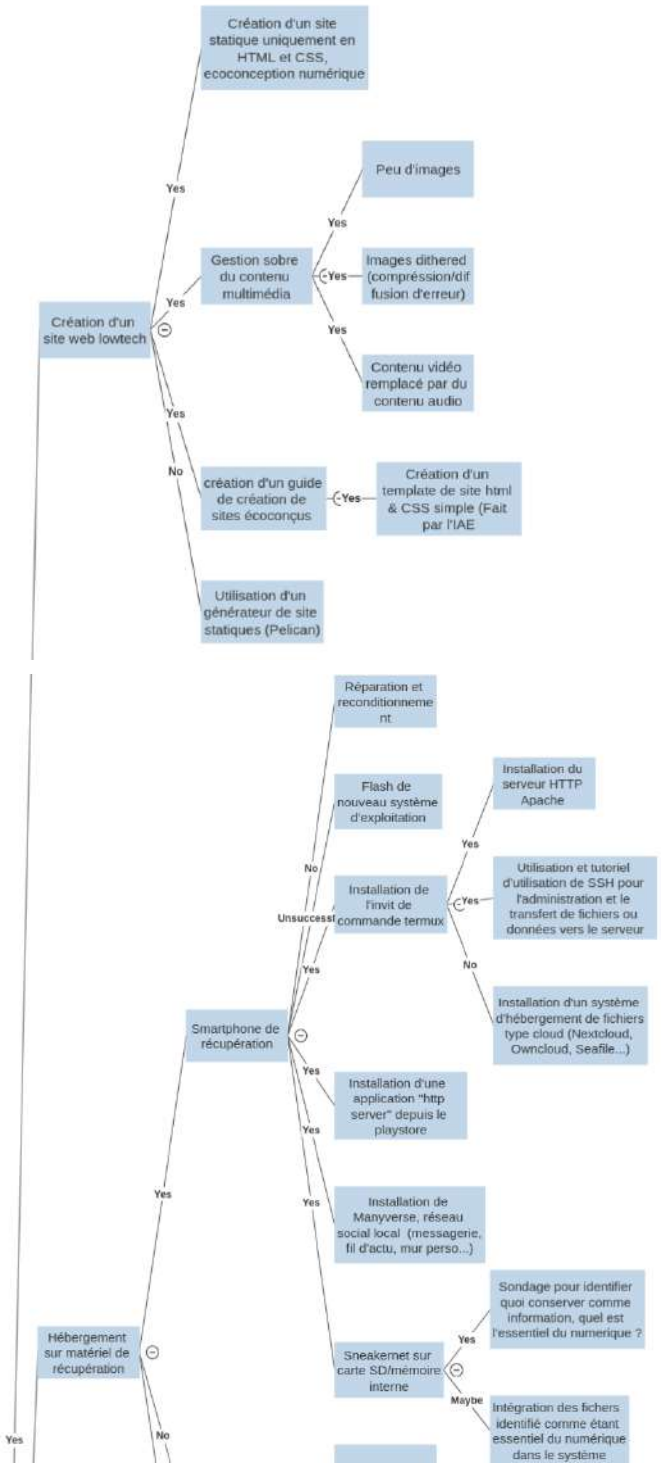
L'objectif de ce module de mobilité est d'obtenir un caisson de protection et de transport pour permettre le déplacement de tous les modules précédents et rendre le système global mobile. Il sera construit à partir d'une glacière de récupération.

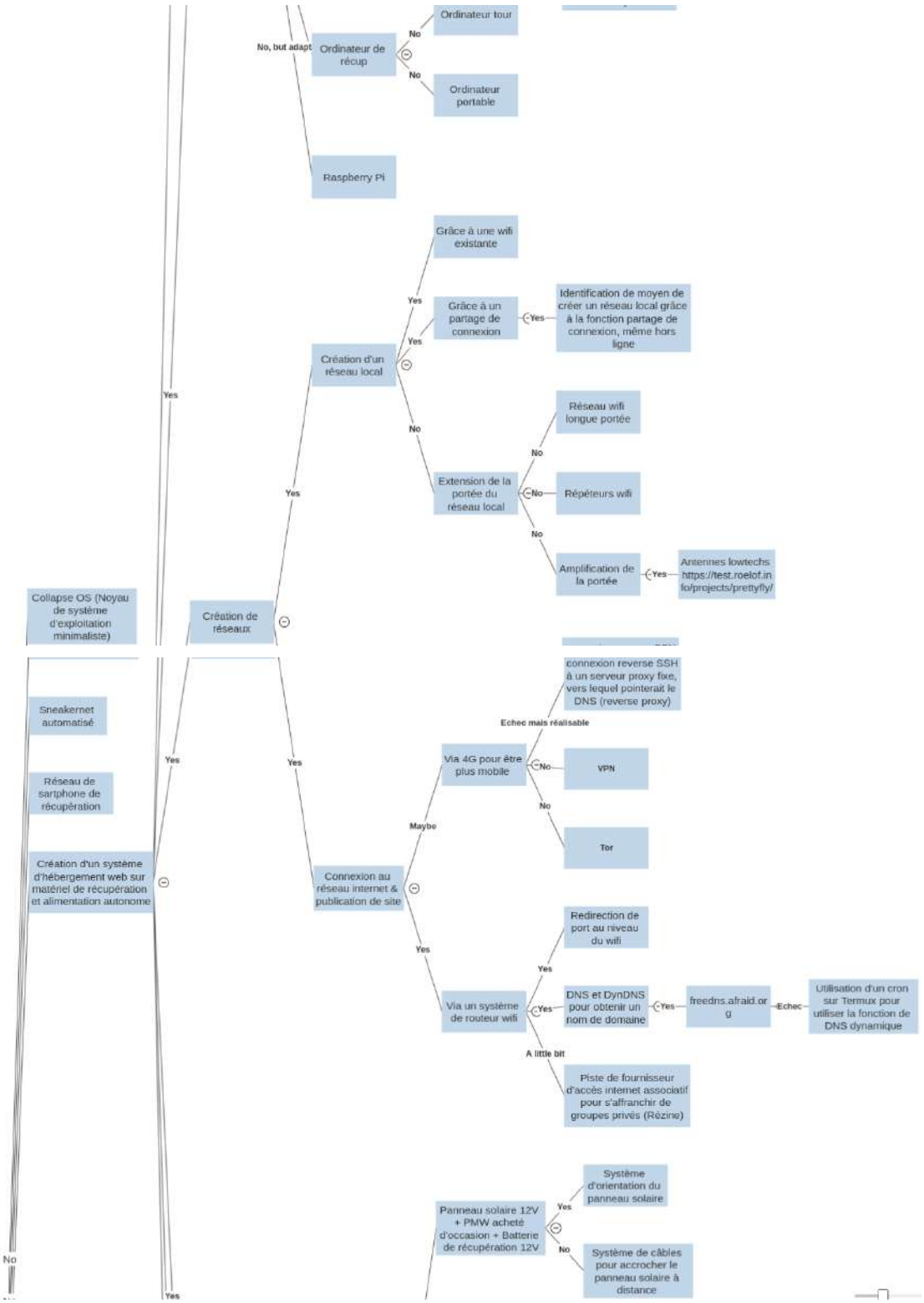
- **Module éco-conception web**

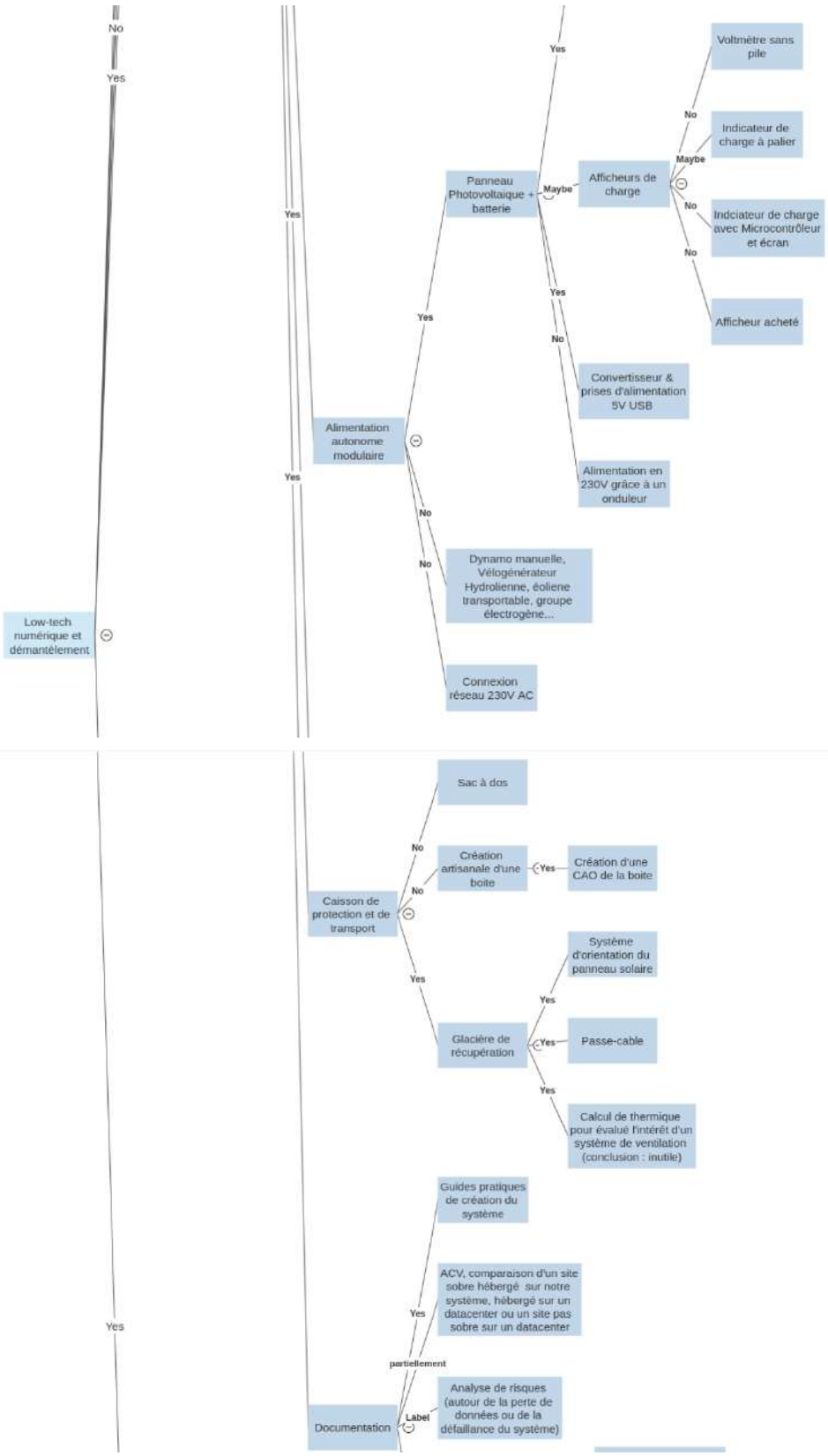
L'objectif de ce module numérique est d'obtenir un site web conçu de zéro ("from scratch") en HTML et CSS en suivant les concepts de la conception numérique faible carbone.

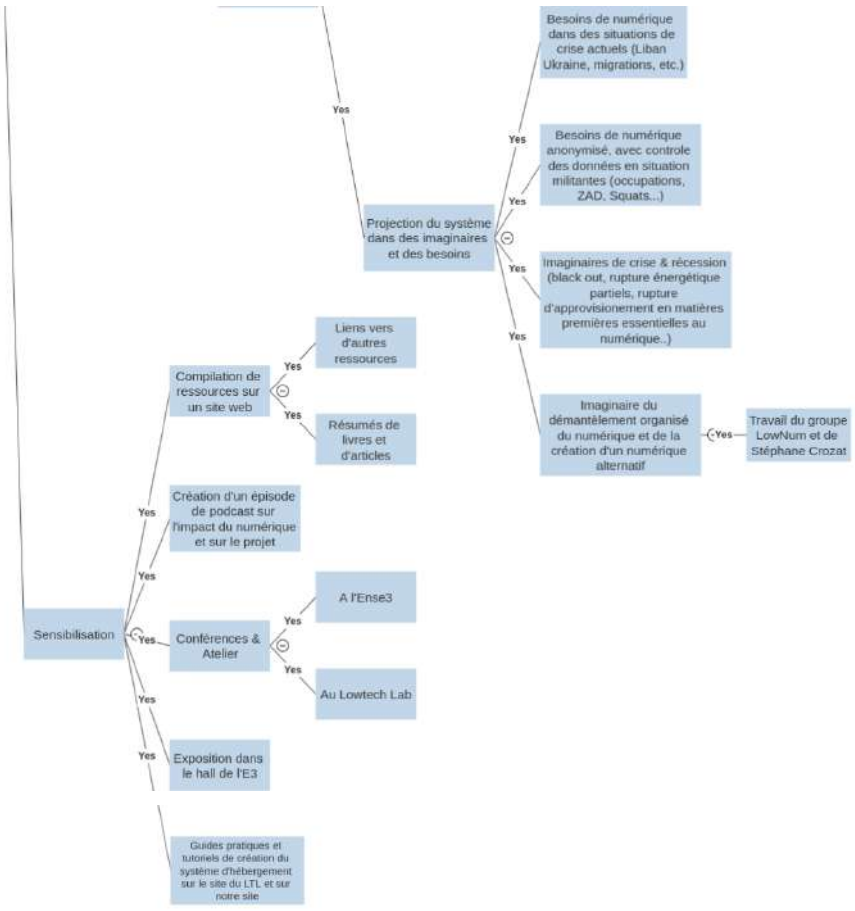
FIGURE 33 – Dominik - serveur modulable autoalimenté en réemploi | image n°2

T Arbre de déroulement du projet


Création d'un site statique uniquement en HTML et CSS, ecoconception numérique
Yes
Peu d'images
Yes
Gestion sobre du contenu multimédia
Yes
Images dithered (compréssion/dif fusion d'erreur)
Yes
Yes
Contenu vidéo remplacé par du contenu audio
Création d'un site web lowtech
Yes
Yes
No
création d'un guide de création de sites écoconçus
Yes
Création d'un template de site html & CSS simple (Fait par l'IAE
Utilisation d'un générateur de site statiques (Pelican)
Réparation et reconditionnement
Flash de nouveau système d'exploitation
Installation du serveur HTTP Apache
No
Yes
Installation de l'invit de commande termux
Yes
Utilisation et tutoriel d'utilisation de SSH pour l'administration et le transfert de fichiers ou données vers le serveur
Unsuccessf
No
Yes
Installation d'un système d'hébergement de fichiers type cloud (Nextcloud, Owncloud, Seafile...)
Smartphone de récupération
Yes
Installation d'une application "http server" depuis le playstore
Yes
Yes
Installation de Manyverse, réseau social local (messagerie, fil d'actu, mur perso...)
Yes
Sondage pour identifier quoi conserver comme information, quel est l'essentiel du numerique ?
Yes
Sneakernet sur carte SD/mémoire interne
Maybe
Intégration des fichers identifié comme étant essentiel du numérique dans le système
Hébergement sur matériel de récupération
Yes
No
Yes


Ordinateur tour
No
No, but adapt
Ordinateur de récup
No
Ordinateur portable
Raspberry Pi
Grâce à une wifi existante
Yes
Grâce à un partage de connexion
Yes
Identification de moyen de créer un réseau local grâce à la fonction partage de connexion, même hors ligne
Yes
Création d'un réseau local
No
Réseau wifi longue portée
No
Extension de la portée du réseau local
No
Répéteurs wifi
No
Amplification de la portée
Yes
Antennes lowtechs https://test.roelof.info/projects/prettyfly/
Yes
Yes
Création de réseaux
Collapse OS (Noyau de système d'exploitation minimaliste)
Sneakernet automatisé
Réseau de sartphone de récupération
Création d'un système d'hébergement web sur matériel de récupération et alimentation autonome
Yes
Yes
connexion reverse SSH à un serveur proxy fixe, vers lequel pointerait le DNS (reverse proxy)
Echec mais réalisable
Via 4G pour être plus mobile
No
VPN
No
Tor
Maybe
Connexion au réseau internet & publication de site
Yes
Redirection de port au niveau du wifi
Yes
Yes
DNS et DynDNS pour obtenir un nom de domaine
Yes
freedns.afraid.org
Echec
Utilisation d'un cron sur Termux pour utiliser la fonction de DNS dynamique
Via un système de routeur wifi
A little bit
Piste de fournisseur d'accès internet associatif pour s'affranchir de groupes privés (Rézine)
Système d'orientation du panneau solaire
Yes
Panneau solaire 12V + PMW acheté d'occasion + Batterie de récupération 12V
No
Système de câbles pour accrocher le panneau solaire à distance
No
Yes


No
Yes
Low-tech numérique et démantèlement
Yes
Yes
Alimentation autonome modulaire
Yes
Panneau Photovoltaique + batterie
Yes
Maybe
Afficheurs de charge
No
Voltmètre sans pile
Maybe
Indicateur de charge à palier
No
Indicateur de charge avec Microcontrôleur et écran
No
Afficheur acheté
Yes
Convertisseur & prises d'alimentation 5V USB
No
Alimentation en 230V grâce à un onduleur
No
Dynamo manuelle, Vélogénérateur Hydrolienne, éolienne transportable, groupe électrogène...
No
Connexion réseau 230V AC
Yes
Caisson de protection et de transport
No
Sac à dos
No
Création artisanale d'une boite
Yes
Création d'une CAO de la boite
Yes
Glacière de récupération
Yes
Système d'orientation du panneau solaire
Yes
Passe-cable
Yes
Calcul de thermique pour évalué l'intérêt d'un système de ventilation (conclusion : inutile)
Yes
Documentation
Guides pratiques de création du système
Yes
ACV, comparaison d'un site sobre hébergé sur notre système, hébergé sur un datacenter ou un site pas sobre sur un datacenter
partiellement
Label
Analyse de risques (autour de la perte de données ou de la défaillance du système)


Yes
Projection du système dans des imaginaires et des besoins
Yes
Besoins de numérique dans des situations de crise actuels (Liban Ukraine, migrations, etc.)
Yes
Besoins de numérique anonymisé, avec controle des données en situation militantes (occupations, ZAD, Squats...)
Yes
Imaginaires de crise & récession (black out, rupture énergétique partiels, rupture d'approvisionement en matières premières essentielles au numérique..)
Yes
Imaginaire du démantèlement organisé du numérique et de la création d'un numérique alternatif
Yes
Travail du groupe LowNum et de Stéphane Crozat
Sensibilisation
Yes
Compilation de ressources sur un site web
Yes
Liens vers d'autres ressources
Yes
Résumés de livres et d'articles
Yes
Création d'un épisode de podcast sur l'impact du numérique et sur le projet
Yes
Conférences & Atelier
Yes
A l'Ense3
Yes
Au Lowtech Lab
Yes
Exposition dans le hall de l'E3
Yes
Guides pratiques et tutoriels de création du système d'hébergement sur le site du LTL et sur notre site

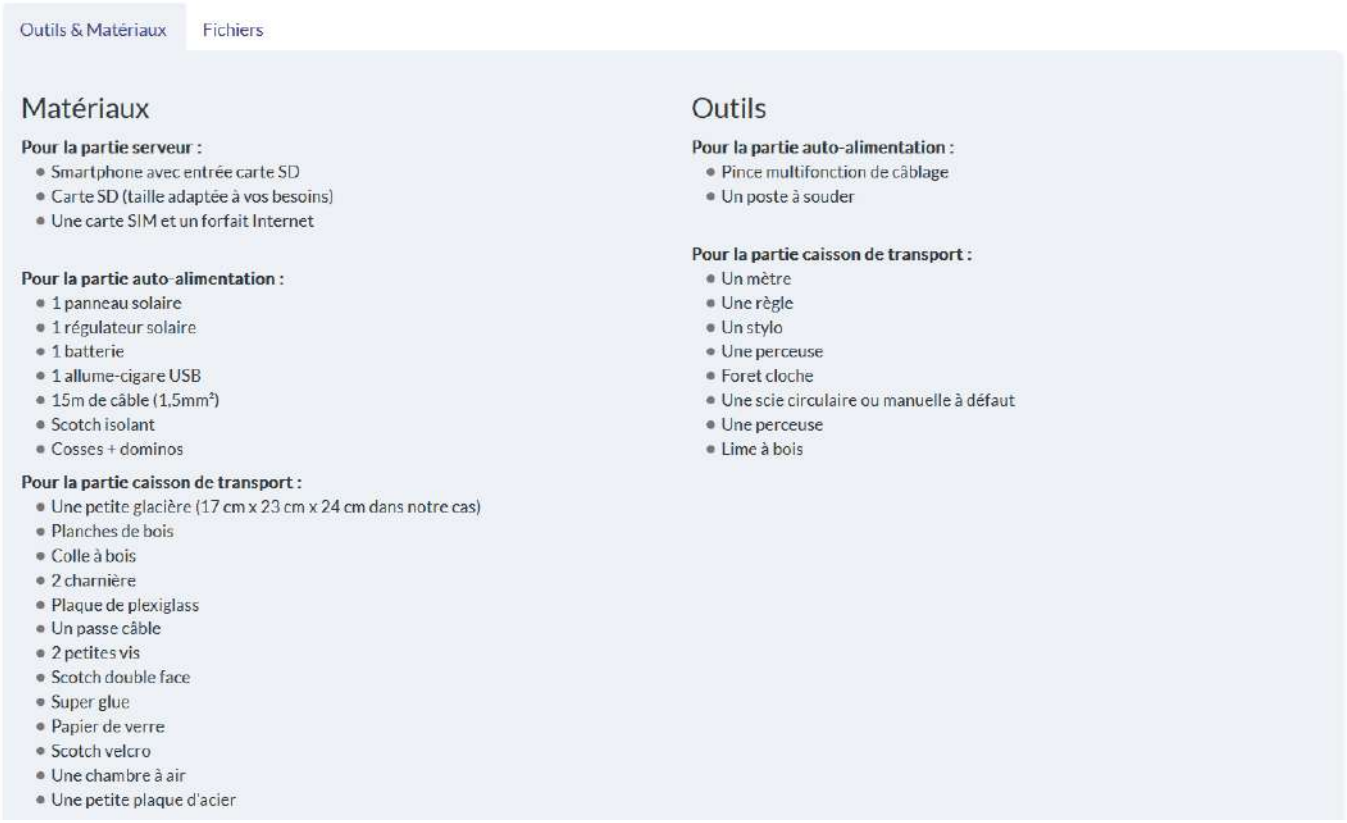


FIGURE 34 – Dominik - serveur modulable autoalimenté en réemploi | image n°3

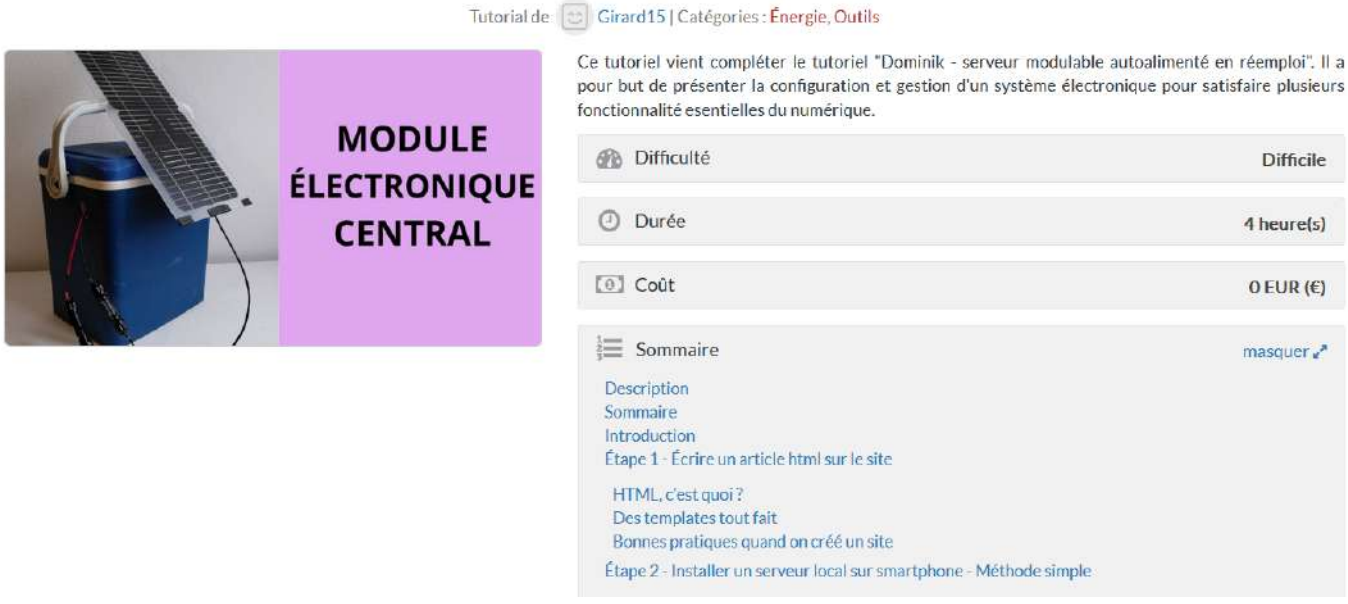


FIGURE 35 – Dominik - module électronique central | image n°1

Étape 1 - Écrire un article html sur le site

Dans cette étape, nous verrons pas à pas comment écrire et ajouter un article sur le site, grâce aux modèles templates. Ce guide prends pour exemple la publication d'article sur notre site, tu n'auras probablement pas le même site donc pas le même code !

HTML, c'est quoi ?

HTML (HyperText Markup Language) c'est un language utilisé pour créer des pages web. Il permet d'indiquer à un navigateur (Chrome, firefox, etc.). Ce que l'on souhaite qu'il affiche. Par exemple, pour écrire

J'ai trouvé des infos intéressantes sur le Kosovo, regarde c'est ici : Kosovo.

On écrit

```
<h4>HEY !</h4>
<p>J'ai trouvé des infos intéressantes sur le Kosovo, regarde c'est ici : <a href="https://fr.wikipedia.org/wiki/Kosovo">Kosovo</a>.</p>
```

Les balises <h4> permettent ici d'indiquer un titre de niveau. indique un paragraphe et <a> permet de créer un lien. À chaque fois, il faut fermer la balise, avec une balise similaire avec un / comme .
Une fois qu'on a écrit tout notre code dans un fichier texte dans un éditeur de texte normal ou dans notepad++ ou Sublime Texte (pour avoir des balises colorées, c'est plus joli et pratique), on l'enregistre en '*NomDuFichier.html*' , et on l'ouvre depuis n'importe quel navigateur.
Derrière chaque site il y a ce code html. On utilise aussi des fichiers écrit en .css, un langage assez proche créé uniquement pour mettre en forme et rendre joli ton site html. Enfin, beaucoup de gens utilisent des scripts javascript, qui s'exécutent au lancement de la page, mais on a décidé de ne pas en utiliser : cela complexifie les sites et les rend moins sobres selon nous.
Plein de tutoriel plus ou moins complet sont disponibles sur internet pour apprendre rapidement :

- Les bases de html et lesbases de css, pour apprendre juste l'essentiel
- Un cours assez complet sur OpenClassroom

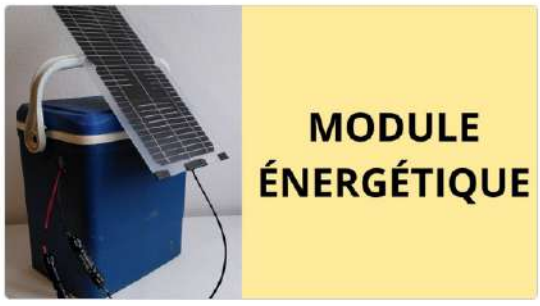
Il existe aussi des générateur de site statiques comme Pelican, mais c'est un peu technique à prendre en main.

FIGURE 36 – Dominik - module électronique central | image n°2

Dominik - module énergétique

Page Commentaires 0 Historique ♥ Favoris 1 Je l'ai fait ! 1 ···

Tutorial de Girard15 | Catégories : Énergie, Outils



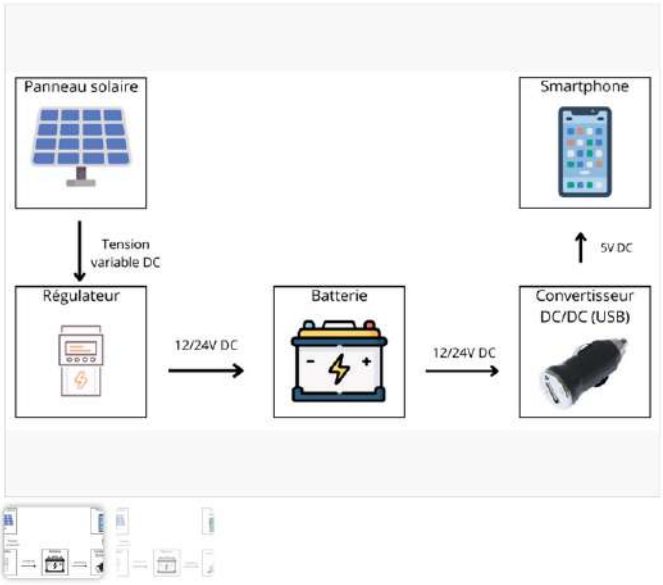
Ce tutoriel vient compléter le tutoriel "Dominik - serveur modulable autoalimenté en réemploi". Il a pour but de présenter la construction de A à Z d'un système modulable et mobile d'alimentation d'un appareil numérique.

Difficulté	Difficile
Durée	2 heure(s)
Coût	45 EUR (€)

Sommaire masquer

Description
Sommaire
Introduction
Étape 1 - Dimensionnement des éléments
Si vous décidez d'héberger votre serveur sur un smartphone
Si vous hébergez votre serveur sur un autre support ou que vous vous intéressez à un autre système de faible puissance
Méthode de calcul de dimensionnement
Étape 2 - Astuces de récupération du matériel
Les panneaux solaires

FIGURE 37 – Dominik - module énergétique | image n°1



Étape 1 - Dimensionnement des éléments

La première étape est de dimensionner au mieux les composants pour qu'ils soient adaptés à l'utilisation. Assez puissants pour assurer un service correct, mais pas trop pour le pas faire monter les prix et le volume/poids de l'installation. Le but ici est de choisir la structure de votre circuit, puis lister les hypothèses et données utiles, et enfin définir la caractéristique des composants grâce à la méthode de calcul que nous avons développé. Voici 2 méthodologies pour 2 cas d'usages :

Si vous décidez d'héberger votre serveur sur un smartphone

1. Schéma du circuit proposé (détail des composants dans la partie 2.2) : **Image 1**
2. Pour définir les caractéristiques, trois solutions s'offrent à vous. Vous pouvez la définir empiriquement grâce à la méthode indiquée dans notre méthode de dimensionnement. Vous pouvez attendre nos résultats de performance après utilisation de notre système. Vous pouvez aussi vous baser sur notre exemple de dimensionnement si vous utilisez un smartphone dans dans conditions similaires au nôtres : Lors de notre test, un smartphone est resté en mode "4G et partage uniquement" avec écran éteint et utilisation du partage "standard" sur une période de 24h et 24 minutes. Notre smartphone est passée de 80% à 15%, soit 7,51Wh de consommé en 24,4h. La puissance moyenne est donc de 0,31W. Nous nous plaçons dans le cas du jour le plus court de l'année à Grenoble avec une inclinaison de panneau de 66% orienté sud, en supposant l'absence de masque. L'IGP est de 2720 Wh/m²/jour. Nous prenons un temps d'autonomie minimum de 40h (2 nuit et 1 jour complet sans soleil en hiver), et un temps de recharge maximal de 1 jour, soit 8h pour décembre. Les autres valeurs importantes sont choisies comme celles du calculateur (1.3). Grâce au calculateur, nous obtenons les résultats suivants : Capacité de batterie : 12.3 Wh Surface de panneau : 0,044 m² soit un panneau de 30 cm par 15 cm Puissance minimal du régulateur : 4,4 W Section de câble : 1,5 mm²

FIGURE 38 – Dominik - module énergétique | image n°2

Dominik - module de mobilité

Page | Commentaires 0 | Historique

Favoris 0 | Je l'ai fait ! 0 | ...

Tutorial de Girard15 | Catégories : Énergie, Outils

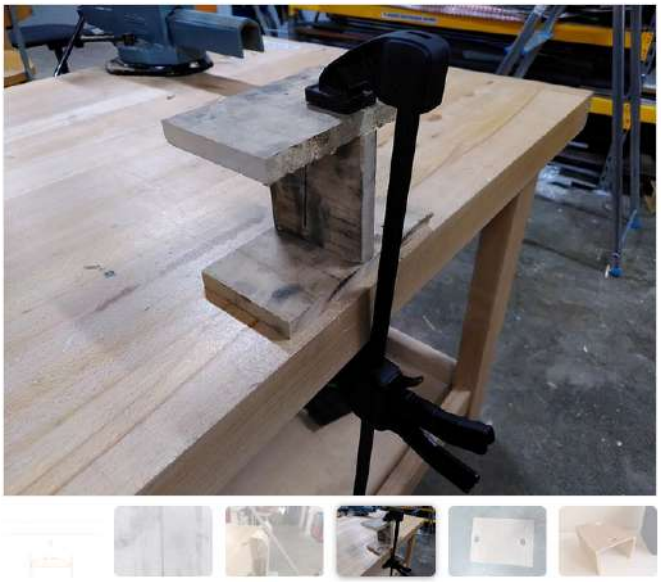
Ce tutoriel vient compléter le tutoriel "Dominik - serveur modulable autoalimenté en réemploi". Il a pour but de présenter la construction d'un système de protection et de mobilité pour un système de type Dominik.

Difficulté	Difficile
Durée	4 heure(s)
Coût	7 EUR (€)

Sommaire masquer

Description
Sommaire
Introduction
Étape 1 - Fabrication d'une structure en bois pour l'intérieur de la glacière
Principe
Préparation
Réalisation
Étape 2 - Création du passage de câble

FIGURE 39 – Dominik - module de mobilité | image n°1



Étape 1 - Fabrication d'une structure en bois pour l'intérieur de la glacière

Principe

On va fabriquer une structure en bois pour caler les composants de l'alimentation du serveur. Un premier compartiment au fond sera divisé en deux pour accueillir respectivement le régulateur et la batterie. Un étage intermédiaire servira à accueillir du fil électrique et des cales pour le panneau solaire. Un dernier étage en haut servira à accueillir le smartphone.
voir Image 1

Préparation

1. Prendre les mesures intérieures du fond de la glacière. On notera L la longueur et l la largeur. Prendre la mesure de la mesure de l'épaisseur de la planche de bois que vous allez utiliser. On la notera e.

Réalisation

1. Tracer ces mesures sur des planches de bois. Pour cela, définir une hauteur h des cales (qui peuvent correspondre à environ 1/3 de la hauteur totale de la glacière). Dessiner deux rectangles de longueur L et largeur h, puis un rectangle de longueur l-2e et de largeur h. Attention à ne pas coller les rectangles pour prendre en compte la largeur du découpage avec votre scie (**Image 2**). Sur le schéma ci-dessous, les pointillés doivent avoir la largeur de votre scie lorsque vous tracez vos traits.
2. Vous pouvez ensuite les découper à la scie (circulaire ou classique)
3. Arrondir les angles de la structure pour qu'elle s'adapte à l'intérieur de la glacière. **Image 3**

FIGURE 40 – Dominik - module de mobilité | image n°2

FIGURE 41 – Dominik - module éco-conception web | image n°1

Étape 2 - Les sept piliers de l'éco-conception numérique

1 - Favoriser la durée de vie des équipements

La fabrication des équipements est le plus gros facteur d'impact environnemental du service numérique, il est alors essentiel que le service ne favorise pas la renouvellement des équipements mais bien l'allongement de leur durée de vie.

> Qu'est-ce qui défavorise la durée de vie des équipements ?

- Applications et services numériques nécessitant une certaine puissance de calcul (quelle valeur) provoquant des ralentissements
- Applications et services incluant trop de scripts (JS, trackers, charge GPU, etc.) et nécessitant trop de bande passante
- Applications et services sans rétro-comptabilité proposant une expérience dégradée
- L'utilisation des langages trop récents et sans portage vers d'anciens systèmes d'opération
- Toute logique qui pousse à une obsolescence matérielle par mise à jour de la couche logicielle
- Les garanties matérielles trop courtes
- Les incitations à la consommation / renouvellement

2 - Favoriser la réduction de la consommation globale de ressources non-renouvelables et la réduction des déchets électroniques

Le volume et l'intensité des ressources consommées par l'usage du service, et l'usure des équipements qui en résulte, doivent baisser drastiquement sur les facteurs suivants : consommation d'énergie primaire (cela inclut l'électricité), des matières premières (métaux, etc.) et d'eau.

> Qu'est-ce qui cause l'augmentation de la consommation de ressources ?

- Applications et services numériques nécessitant une plus grande consommation d'équipements connectés
- Applications et services numériques nécessitant / provoquant un large transfert de données pour fonctionner
- Toute logique d'augmentation du temps en ligne et d'augmentation de la capture de données
- L'utilisation de matériel peu efficace ou/et avec une courte durée de vie
- L'augmentation du nombre d'utilisateurs
- L'intensité énergétique et matérielle par utilisateur

FIGURE 42 – Dominik - module éco-conception web | image n°2