

Nicolas BRUSSELMANS

nicolas.brusselmans@uclouvain.be

Des indicateurs de fiabilité pour favoriser la réutilisation de smartphones

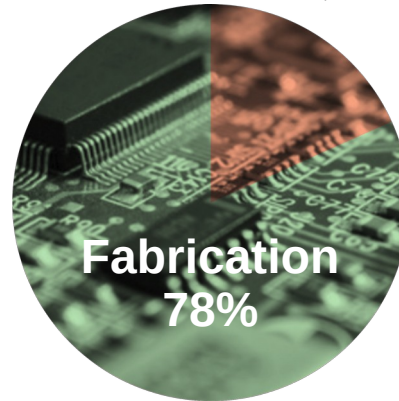


L'impact environnemental et social du numérique



3-4% émissions
GES mondiales

GreenIT, 2019



ADEME-Arcep, 2023



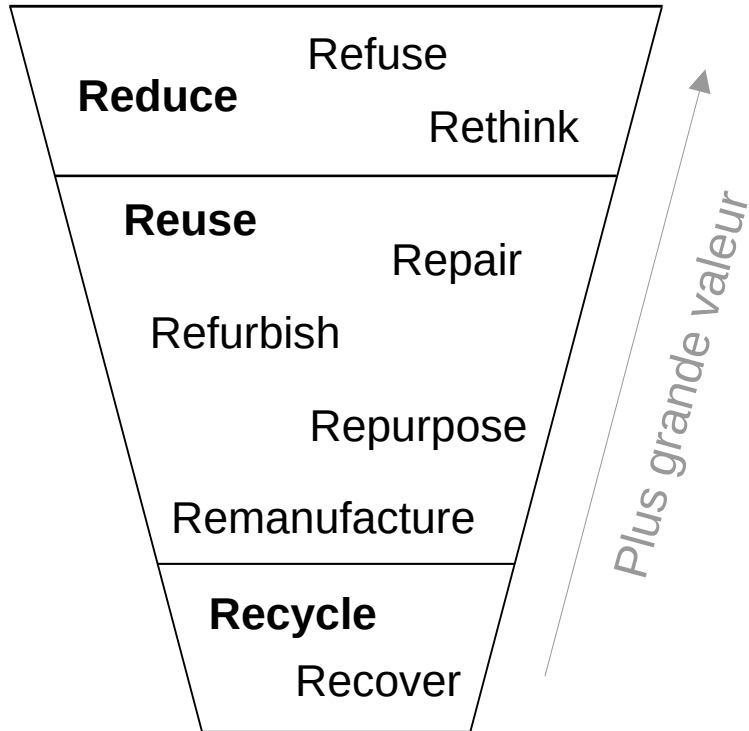
Agboglobshie, Ghana
ghana.for91days.com

De l'extraction ...

... à la production ...

... à la décharge

L'économie circulaire pour limiter les dégâts



Stratégies à incidence élevée

Sobriété dans la consommation et les usages

Augmentation de la durée de vie

Nécessite une évaluation de la fiabilité
entre les utilisations successives

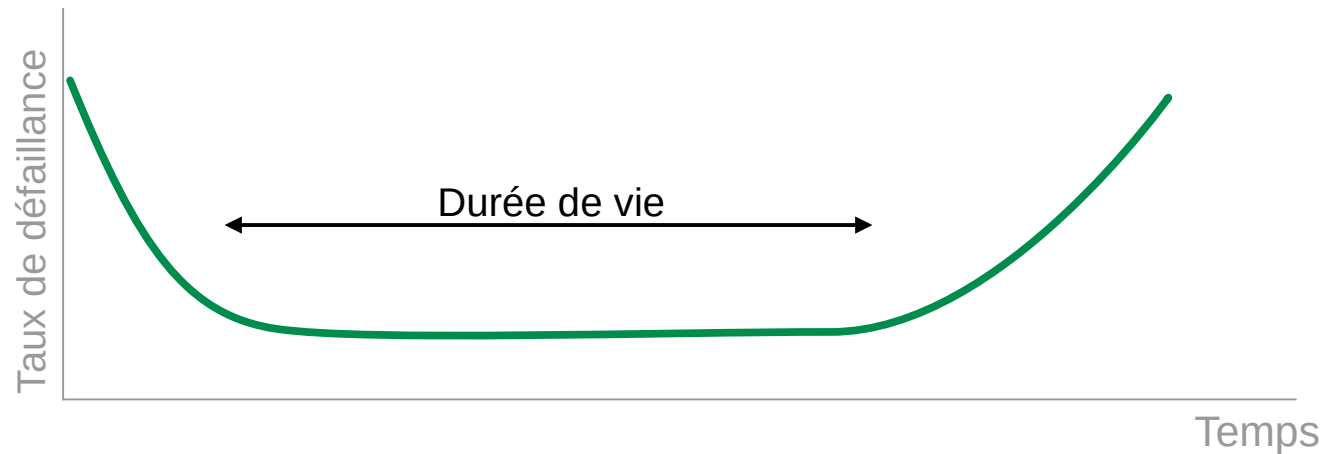
Très peu rentable

Coûteux en énergie

Peu de matériaux extraits

La fiabilité, qu'est-ce que c'est ?

= Probabilité d'exécuter une **fonction** définie, **sans défaillance**, pendant un certain **temps**.



Défaillances précoces
Éliminées par check qualité

Vie utile
Taux constant non-nul

Usure
Due au vieillissement

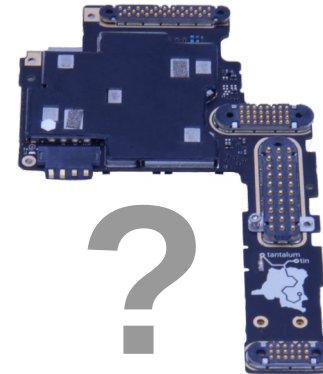
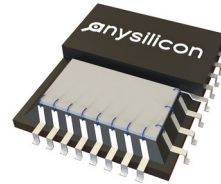
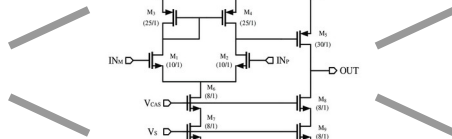
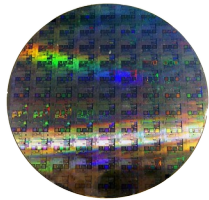
Comment évalue-t-on la fiabilité ?

Outils existants ...

- Modèles analytiques
approche bottom-up
- Calculée à la conception
statistiquement sur une flotte
- Nécessitent informations
techno, circuit, assemblage

... pas applicables à la seconde main

- Matériel inconnu
pas d'information sur les puces
- Logiciels/outils de tests indisponibles
car protégés par PI
- Nécessite le désassemblage
pour tester un composant seul



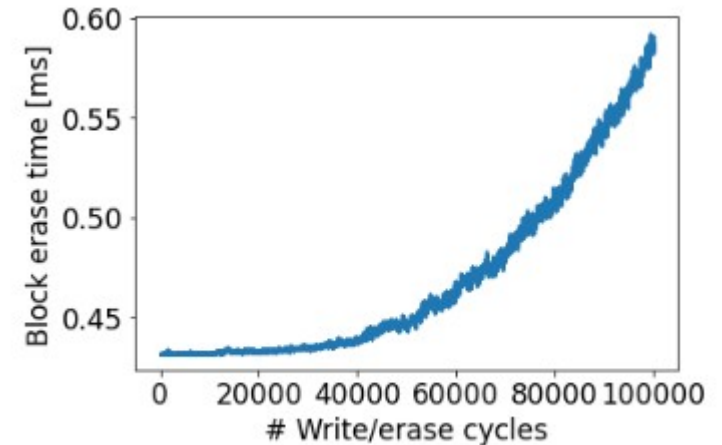
Les indicateurs de fiabilité

Indicateurs de fiabilité

= métriques corrélées au taux d'usure

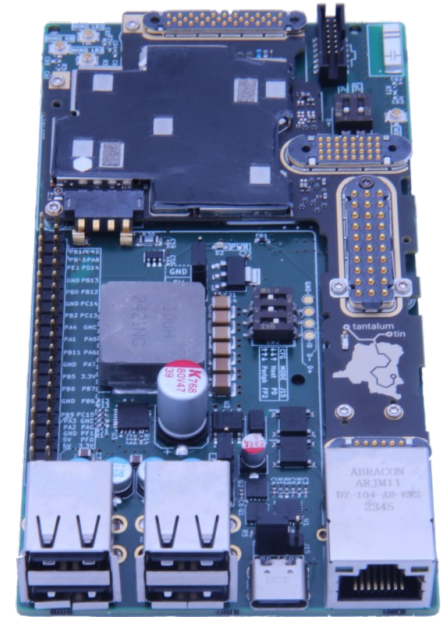
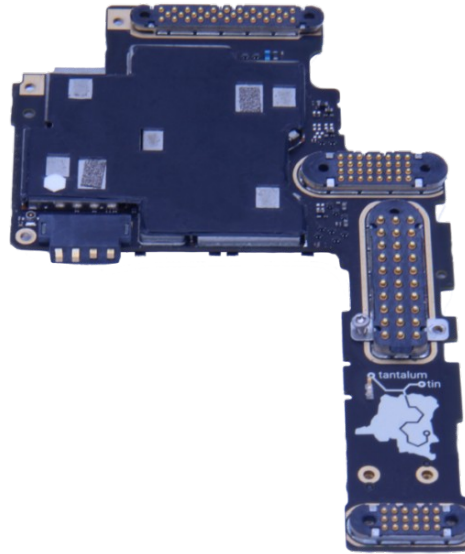
- › Mesurables macroscopiquement via la fonction dans le système
- › Mesure non-destructrice en vue de la réutilisation
- › Mesure rapide nécessaire pour l'industrialisation

Exemple d'indicateur pour les mémoires flash

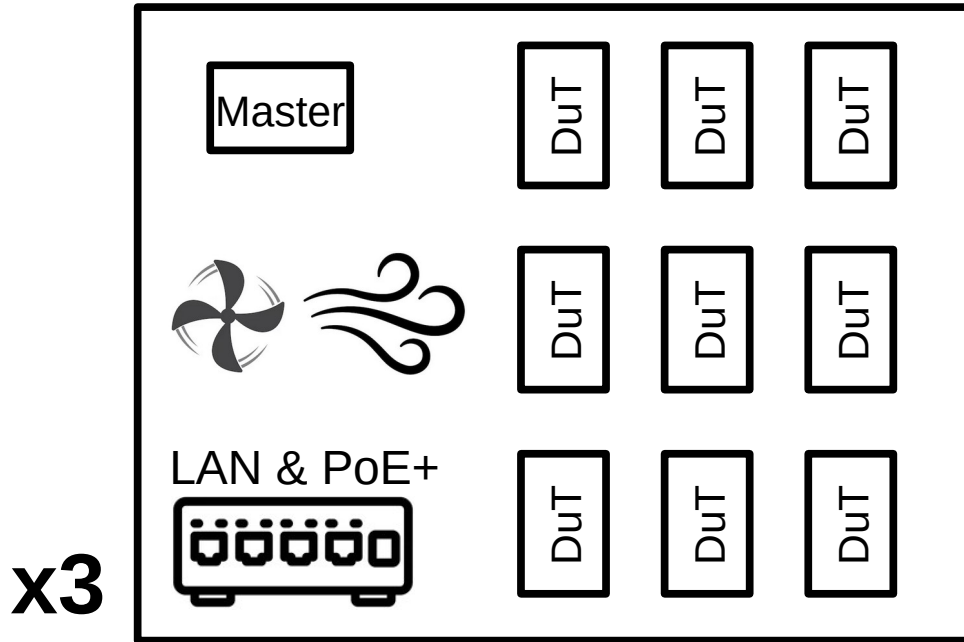


Percy, 2022

Citronics, le micro-ordinateur circulaire



Étape 1 – Identifier les indicateurs

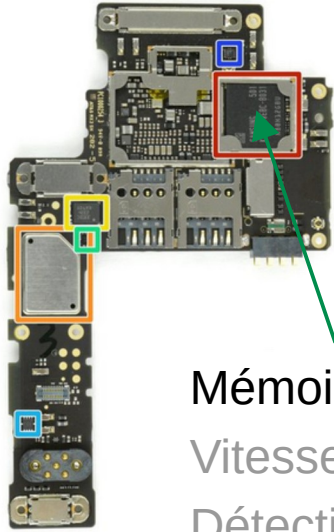


Highly Accelerated Life Testing (HALT)

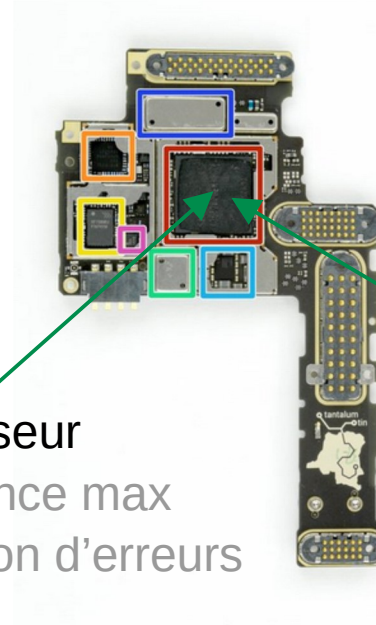
= tests de vie accélérée

- › Stress interne
Utilisation élevée des ressources
Augmentation du taux d'usure
- › Stress environnemental
Température élevée ou cycles
Accélération des mécanismes
de défaillance

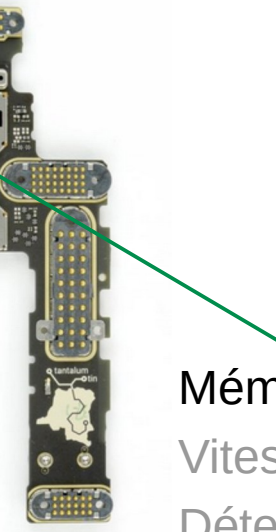
Les composants principaux et leurs métriques



Mémoire flash
Vitesse R/W
Détection d'erreurs



Processeur
Fréquence max
Détection d'erreurs



Mémoire RAM
Vitesse R/W
Détection d'erreurs
Rétention

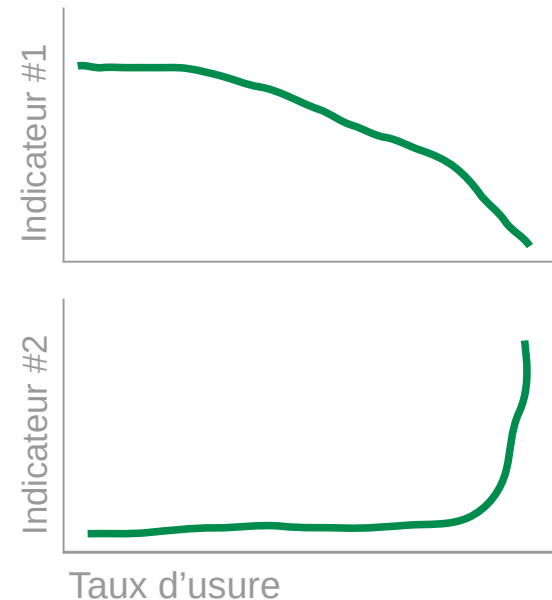
+ dérive de consommation de courant

Étape 1 – Résultats attendus

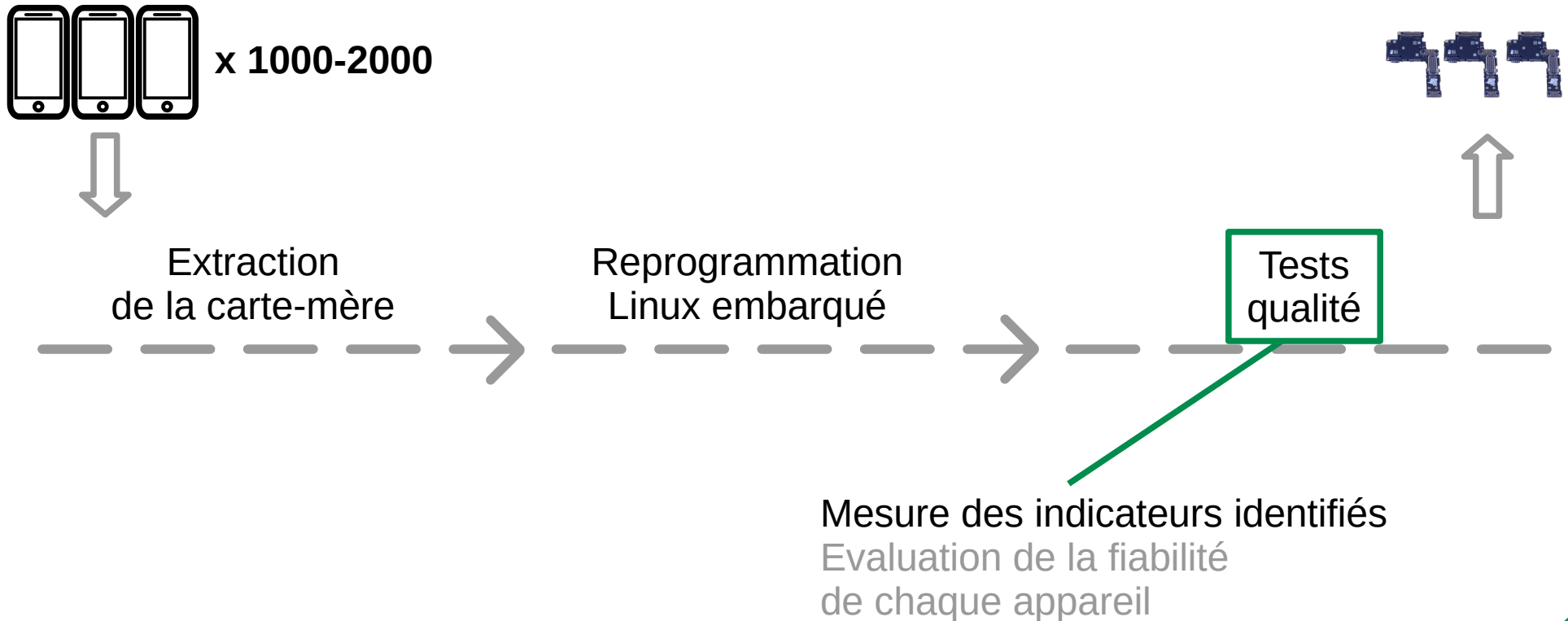
1. Classification des défaillances

- Modes et probabilités
Réparable ou critique ?
Propagation ?
- Identification des points faibles
Quel composant s'use le plus vite ?

2. Relations indicateur – taux d'usure Pour certaines métriques identifiées



Étape 2 – Appliquer les indicateurs



Étape 2 – Résultats attendus

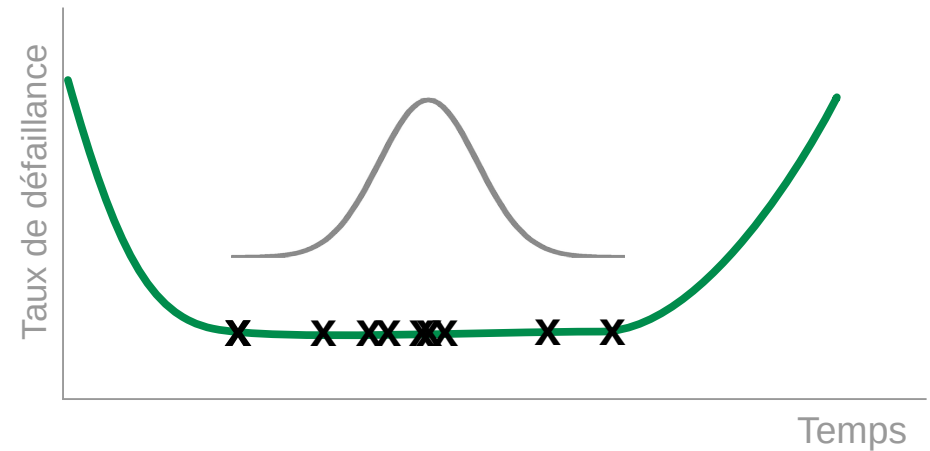
Évaluation de la fiabilité
au moment de la réaffectation

- Durée de vie restante
- Proportion fonctionnelle

Suivi de la fiabilité
en mesurant les indicateurs
au cours du temps

- Vérification des prédictions

Distribution du taux d'usure
d'un gisement de seconde main



Résumé et perspectives

Indicateurs de fiabilité
macro, rapide et non-destructeur

Identifiés parmi des métriques
collectées en HALT

Validés sur le terrain
en les appliquant à une large flotte

Indicateurs transposables
car composants génériques
(processeur, flash, RAM)

Supportent l'économie circulaire
en évaluant la fiabilité
après une première utilisation

Résumé et perspectives

Indicateurs de fiabilité
macro, rapide et non-destructeur

Identifiés parmi des métriques
collectées en HALT

Validés sur le terrain
en les appliquant à une large flotte

Indicateurs transposables
car composants génériques
(processeur, flash, RAM)

Supportent l'économie circulaire
en évaluant la fiabilité
après une première utilisation

Merci de votre attention.

Nicolas BRUSSELMANS
nicolas.brusselmans@uclouvain.be

Références

[1] F. Bodage, *Rapport d'étude – Empreinte environnementale du numérique mondial*. GreenIT, 2019. <https://www.greenit.fr/empreinte-environnementale-du-numerique-mondial/>

[2] ADEME-Arcep, *Évaluation de l'empreinte environnementale du numérique en France en 2020, 2030 et 2050*. Mars 2023. https://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/dossier-presse-Etude-Ademe-Arcep-lot3_mars2023.pdf

[3] Percy, Antoine. *Promoting integrated circuits reusability thanks to thermal annealing: an environmental and financial profitability study*. Ecole polytechnique de Louvain, Université catholique de Louvain, 2022. Prom. : Raskin, Jean-Pierre. <http://hdl.handle.net/2078.1/thesis:37965>

[4] iFixit, *Fairphone 2 Teardown*. Décembre 2015. <https://www.ifixit.com/Teardown/Fairphone+2+Teardown/52523>