

# Symposium pour l'électronique & le numérique durables

Le 12 décembre 2024, Grenoble

## Extension de la méthode d'Analyse de Cycle de Vie à un environnement de R&D, à partir de l'étude d'un cas d'usage prototype.

Makan, Thibault HALTER

Univ. Grenoble Alpes, CEA, List F-38000 Grenoble, France  
[thibault.halter@cea.fr](mailto:thibault.halter@cea.fr) ; [thibault.makan.halter@gmail.com](mailto:thibault.makan.halter@gmail.com)  
<https://orcid.org/0009-0003-5475-3091>

Maxime PÉRALTA

Univ. Grenoble Alpes, CEA, List F-38000 Grenoble, France  
[maxime.peralta@cea.fr](mailto:maxime.peralta@cea.fr)

**Abstract — L'Analyse de Cycle de Vie (ACV) exploratoire d'un système numérique a été menée afin d'identifier l'ensemble des paramètres nécessaires à sa réalisation, et de déterminer des hypothèses robustes permettant de réaliser de futures ACV à partir de données design.**

### Abbreviations and acronyms –

**ACV : Analyse de Cycle de Vie, ICV : Inventaire de Cycle de Vie, NMC : Near Memory Computing, BoM : Bill of Materials, BDD : Base de Données, IC : Circuit Intégré.**

### I. INTRODUCTION

Afin de répondre au contexte global de crise environnementale, une réflexion émerge, consistant à inclure la notion d'Analyse de Cycle de Vie (ACV) au plus proche des décisions directrices des projets de recherche.

Systématiser la démarche d'ACV dans le secteur du numérique nécessite d'identifier les points chauds, et de déterminer l'ensemble des conjectures permettant de convertir des données design numérique en impacts environnementaux, ainsi que de préciser les incertitudes associées à ces conjectures.

Une première ACV exploratoire a été menée sur un projet de puce embarquant une **Near Memory Computing (NMC)**, utilisant la technologie C-SRAM [1], et intégrée à une carte test. Les modèles d'Inventaire du Cycle de Vie (ICV) ont été construits sur EIME, en utilisant les bases de données CODDE et Negaocet, avec la méthode PEF. L'objectif de ces travaux d'ACV préliminaires a été

d'identifier l'ensemble des hypothèses et paramètres permettant de dresser un inventaire paramétrique et modulaire générique pouvant être utilisé de manière systématique.

En attendant les données de simulation concernant la phase d'utilisation, l'ACV a été conduite du berceau à la porte, en s'appuyant sur des données **Bill of Materials (BoM)** listant de plus de 200 composants.

### II. HYPOTHESES ET RESULTATS

#### A. Hypothèses de modélisation ACV

L'objet de l'étude ACV est la carte test intégrant la puce embarquant la C-SRAM. Cette carte est composée de trois circuits imprimés (PCB), de nombreux circuits intégrés (IC), de leurs packages, et d'une liste d'autres composants (connectiques, ports USB, condensateurs, résistances, etc.).

Deux cas de figure se sont présentés lors de la modélisation sur EIME :

- Manque de précision de la **Base De Données (BDD)**. Ce premier cas induit une incertitude d'entrée sur les résultats de l'ACV, puisqu'il nécessite de modéliser plusieurs références de produit similaires de la même manière, bien que ces produits soient différents.
- Manque de précision dans les BoMs et fiches produit industrielles (masses, technos, etc.). Dans ce cas, un certain nombre d'hypothèses doivent être dressées sur la nature et la provenance de

l'item modélisé. Par exemple, un circuit intégré provenant du commerce doit être modélisé en dressant des hypothèses sur ses dimensions par rapport au package, son nœud technologique, et la localisation de sa FAB.

### B. Concordance du modèle ACV

Une étude de concordance de la transposition du BoM en modèle ACV a été réalisée.

Le constat initial a été que la masse du modèle sur EIME est de 182 g alors que l'objet réel pèse 237 g. Cet écart (25 %) induit naturellement une sous-évaluation des impacts environnementaux.

Afin de compenser cette sous-évaluation de masse, une surévaluation des résultats d'impacts est proposée, en ramenant la masse des packages et autres composants (connectiques, ports USB, condensateurs, résistances etc.) à la masse réelle de l'objet (figure 1). Nous avons volontairement exclu les PCB et IC de ce procédé de réévaluation ; d'une part car les BDD concernant les PCB sont robustes et que leur masse n'est pas incertaine, d'autre part car les impacts des IC ne doivent pas être mis à l'échelle en fonction de leur masse, car la masse d'un IC est très faible et peu informative de ses impacts. (cf. figure 2).

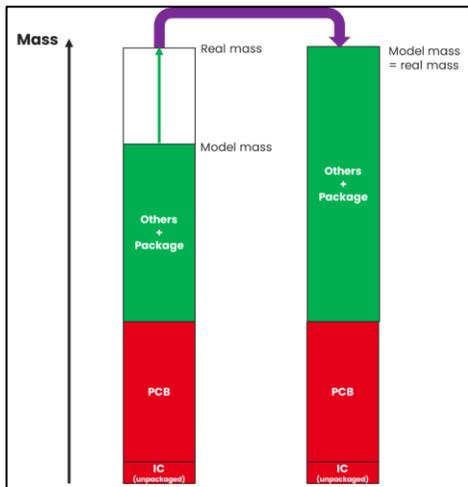


Figure 1 : Compensation des impacts au regard de la sous-évaluation de la masse du modèle

### C. Résultats

La figure 2 présente les résultats intermédiaires de cette première analyse préliminaire, menée du berceau à la porte. En particulier, elle dresse la part des impacts environnementaux des grands éléments identifiés (PCB, IC, package et "autres") en score unique, en utilisant la pondération selon EF 3.0.

Ces résultats sont mis en parallèles avec la masse de ces éléments. On constate que la part des IC est de 40 % des impacts globaux, pour une masse d'objet de l'ordre de

0,5 g, ce qui confirme la non-pertinence de la mise à l'échelle de masse de ces items, évoquée en section II.B.

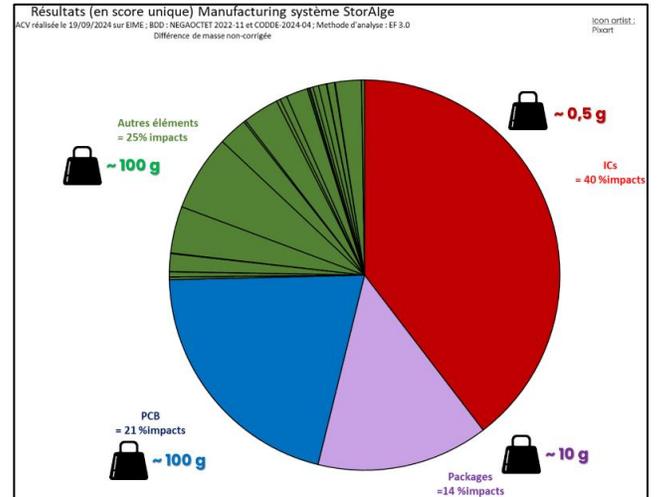


Figure 2 : Résultats intermédiaire de l'ACV, du berceau à la porte, en score unique, menée sur EIME avec la méthode EF3.0

Les impacts associés aux PCB arrivent en seconde position, suivis de ceux des packages. Enfin, les impacts des autres petits éléments s'additionnent pour constituer un total de 25 % des impacts globaux.

### III. CONCLUSIONS INTERMEDIARES

Les principaux contributeurs aux impacts environnementaux du système numérique étudié sont les circuits intégrés.

L'affinage des hypothèses utilisées, en induisant des incertitudes, sera le principal enjeu des futurs travaux.

Pris individuellement, les "autres éléments" constituent pas une grande part des d'impacts, alors qu'en les cumulant, ils constituent un quart des impacts globaux. Néanmoins, ils ont constitué l'essentiel du temps de modélisation lors de la réalisation de l'ACV. La définition d'hypothèses permettant de simplifier l'inventaire sans trop affecter les résultats, permettant de réduire ce temps, sera également un enjeu des travaux à venir.

Enfin, ces futurs travaux devront également voir s'étendre le périmètre de l'ACV aux phases d'utilisation, de transport et de fin de vie.

### ACKNOWLEDGMENT

JE TIENS A REMERCIER CELLES ET CEUX QUI ONT PERMIS LA REALISATION DE CES TRAVAUX, A SAVOIR JEREMY BALLESTER, MIKAEL LE COADOU, JEAN-PHILIPPE NOEL, MANUEL PEZZIN, MARIA RAMIREZ-CORRALES ET BENEDICTE ROBIN.

### REFERENCES

[1] Maha & al. "Storage Class Memory with Computing RowBuffer: A Design Space Exploration", 2021