



HAL
open science

Analyse exploratoire sur l'intérêt de l'informatique culturelle pour la conception d'IHM en ingénierie

Lou Grimal, Nadège Troussier, Ines Di Loreto

► To cite this version:

Lou Grimal, Nadège Troussier, Ines Di Loreto. Analyse exploratoire sur l'intérêt de l'informatique culturelle pour la conception d'IHM en ingénierie. 17ème colloque national S-mart AIP-PRIMECA, Université Polytechnique Hauts-de-France [UPHF], Mar 2021, LAVAL VIRTUAL WORLD, France. hal-03296107

HAL Id: hal-03296107

<https://hal.science/hal-03296107>

Submitted on 22 Jul 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Analyse exploratoire sur l'intérêt de l'informatique culturelle pour la conception d'IHM en ingénierie

Lou Grimal

InSyTE, CREIDD, University of Technology of Troyes
12 rue Marie Curie
10010 Troyes, France
lou.grimal@utt.fr

Inès di Loreto

LIST3N, Tech-CICO, University of Technology of Troyes
12 rue Marie Curie
10010 Troyes, France
ines.di_loreto@utt.fr

Nadège Troussier

InSyTE, CREIDD, University of Technology of Troyes
12 rue Marie Curie
10010 Troyes, France
nadege.troussier@utt.fr

Résumé— Il semble que de plus en plus d'écoles, sous la pression de mouvements d'élèves ingénieurs, intègrent les problématiques écologiques (environnement et social) dans les formations d'ingénierie. Cette préoccupation écologique semble constituer un changement culturel significatif chez les jeunes et futurs ingénieurs. Ce papier cherche à comprendre l'impact de des évolutions culturelles sur l'adaptation de l'IHM à la pratique professionnelle en ingénierie. L'« informatique culturelle » sera mobilisé pour tenter de savoir si ce concept peut aider à la compréhension des changements à implémenter dans les outils d'interaction pour l'ingénierie. En d'autres termes, l'objectif de l'article est de savoir si un certain type d'IHM véhicule des éléments spécifiques apparentés à une culture spécifique (dans notre cas d'étude, une culture de la soutenabilité dans les milieux ingénieurs). Cette étude repose sur une analyse exploratoire de l'état de l'art et de situation d'usage de jeunes étudiants s'inscrivant dans un engagement sur le sujet de la soutenabilité et l'IHM d'un outil d'ingénierie qu'ils utilisent.

Mots-clés— interaction homme machine, informatique culturelle, soutenabilité, design for sustainability

I. INTRODUCTION

Depuis 2018, les universités voient des mouvements étudiants particulièrement forts demandant l'intégration des enjeux écologiques dans les parcours de formation (Ingénieur.e.s Engagé.e.s à l'INSA Lyon et puis dans l'ensemble des écoles d'ingénierie, le Manifeste Pour Un Réveil Écologique de 2019 signé par plus de 30 000 étudiants et jeunes diplômés, des listes de candidats aux conseils des études et conseil d'administration centrées sur les enjeux sociaux et environnementaux, etc). Ces mouvements, plutôt marginaux il y a une dizaine d'année, se sont transformés en un courant assez fort au sein des universités et écoles, au point que certaines écoles ont pris la décision d'intégrer ces enjeux dans leurs enseignements de manière systématique (INSA Lyon). Nous faisons l'hypothèse que ce changement constitue une évolution culturelle significative. Nous allons travailler dans le

cadre de cette évolution des préoccupations sociétales, notamment la compréhension de l'urgence climatique par cette population jeune (élèves ingénieurs).

Nous ne pouvons travailler sur l'ensemble des outils d'ingénierie. C'est pourquoi dans ce papier nous abordons uniquement la question de l'interaction homme-machine (IHM) dans les outils d'ingénierie. L'IHM est comprise comme « une discipline qui s'intéresse à la conception, à l'évaluation et à la mise en œuvre de systèmes informatiques interactifs destinés à l'usage humain et à l'étude des principaux phénomènes qui entourent l'interaction homme-machine » [1]. Plus spécifiquement, nous allons nous intéresser à l'IHM soutenable. Qu'est-ce que l'IHM soutenable ? Nous pouvons différencier ce domaine d'expertise en deux sous domaines complémentaires, définit par [2] et repris par [3] :

- *Sustainability in design* : comment prendre en compte la soutenabilité dans la conception même des technologies d'interaction (efficacité énergétique, ré-usage, économie de la fonctionnalité, etc).
- *Sustainability through design* : comment influencer le style de vie d'un groupe de personnes à travers les interactions hommes – technologies. Dans ce sous domaine, 3 niveaux d'analyse sont proposés [2] : le niveau individuel (affichage environnemental des données du quotidien), le niveau d'un groupe (conception qui implique des personnes pour la prise de décision collective, encourager des pratiques collectives) et le niveau social (encourager le changement culturel ou aider au développement de mouvements sociaux).

Un des enjeux est la capacité à relier entre eux ces différents niveaux (individuel, groupe, société). De nombreux travaux se sont focalisés sur les problématiques de conception pour la soutenabilité au niveau individuel (modification des

comportements individuels) à travers l'informatique pervasive. Le niveau social sous-entend que des éléments spécifiques de l'IHM peuvent être apparentés à une culture spécifique. Rauterberg [5] et d'autres scientifiques comme [6] ou [7] ont travaillé sur la notion d'informatique culturelle pour définir comment une interaction homme – technologie peut véhiculer des cultures (concepts, manières d'être, compréhension du monde, traditions). Ce concept, défini il y a maintenant 10 ans, est surtout utilisé pour parler des cultures de peuples différents (européen, asiatiques) notamment à travers l'intégration de la culture asiatique dans des interfaces. Nous nous posons la question de l'apport de l'informatique culturelle sur l'IHM soutenable. Aussi, nous nous posons la question si la soutenabilité peut être comprise comme un contexte culturel spécifique.

Comme nous l'avons précisé précédemment, notre cadre d'étude est l'ingénierie. Nous avons donc choisi de prendre un outil d'ingénierie utilisé pour la soutenabilité : l'analyse de cycle de vie (ACV). Ce choix ne veut pas dire que nous allons travailler sur l'ACV comme outil d'aide à la conception. Nous allons travailler sur l'IHM de cet outil d'ingénierie. Nous avons choisi l'ACV car c'est un outil d'ingénierie qui peut attirer des professionnels avec une compréhension mature des enjeux écologiques (connaissances des limites planétaires, des enjeux Climat-Energie, de l'épistémologie de l'écologie) et donc reliés aux mouvements présentés en début d'introduction.

Ainsi, ce papier tente d'évaluer comment l'informatique culturelle peut impacter des IHM, notamment en ingénierie compte tenu de l'évolution culturelle à vivre et à mettre en œuvre pour la soutenabilité. Dans un premier temps nous allons présenter les différents paradigmes en IHM et pourquoi la soutenabilité peut être considérée comme une culture spécifique. Dans un deuxième temps nous verrons le rôle de la conception IHM dans les outils d'ACV et le type d'expérience utilisateur d'une population jeune engagée.

II. DEFINITION DES TERMES

A. Les paradigmes en IHM

Paradigmes	Description de chaque paradigme et exemples
Paradigme personnel (interaction homme – machine)	Dans ce paradigme, l'ensemble des interactions sont entre un humain et une machine (généralement un ordinateur). Les interactions possibles entre ces deux entités sont plutôt statiques et caractérisées par son aspect individuel (orientées sur les tâches utilisateurs). Ce paradigme est né dès le début de l'informatique et n'a toujours pas disparu.
Paradigme Coopératif (interaction médiatisée par un ordinateur)	Dans ce paradigme, l'accent est mis sur les réseaux, la capacité à communiquer entre différents ordinateurs (capacité à s'envoyer des mails par exemple). Même si certaines fonctions étaient possibles avant les années 80, ce paradigme correspond au développement « grand public » de ces fonctionnalités. Ce paradigme est né dans les années 80-90 et n'a toujours pas disparu.
Paradigme social (interaction médiatisée par la communauté)	Dans ce paradigme, l'accent est porté sur les communications sur les réseaux sociaux (interaction médiatisée par les communautés). C'est également dans ce cadre qu'est né le travail dit coopératif assisté par ordinateur et l'usage plus large d'Internet. C'est également dans ce contexte qu'ont commencées à émerger les technologies ubiquitaires, c'est-à-dire le développement de supports informatiques autres que

Paradigmes	Description de chaque paradigme et exemples
	l'ordinateur (le téléphone portable par exemple), qui sont présentes dans notre quotidien. Ce développement a permis la recherche d'un type d'interaction plus personnalisé. Ce paradigme est né dans les années 90-2000 et n'a toujours pas disparu.
Paradigme culturel (interaction médiatisée par le Kansei)	Le paradigme culturel est une proposition de Rauterberg. Le paradigme de l'informatique culturelle est créé à partir du constat que les technologies véhiculant de l'information sont présentes dans toutes les parties du monde et dans les quotidiens des individus. Ces technologies servent de médium pour véhiculer de la communication entre différentes localités. La communication « Kansei » serait la base de l'IHM culturel dans le sens où ce type de communication porte des « informations non verbales, plutôt de l'ordre de l'émotion ». Les auteurs parlent de communication « inconsciente » [9]. Ce concept est né sur le constat que les technologies multimédia conventionnels sont basées sur une communication logique et que ce type de communication réduit la capacité de perception et de compréhension de la communication. Selon Rauterberg, ce paradigme né au cours des années 2000-2010.

Tableau 1. DESCRIPTION DES PARADIGMES IHM DE RANTERBERG

Les paradigmes de l'IHM constituent une proposition de Rauterberg [5]. Le Tableau 1 reprend les 4 paradigmes proposés.

C'est le dernier paradigme nommé « paradigme culturel » qui nous intéresse car nous souhaitons savoir si la soutenabilité peut être comprise comme une culture spécifique et entraîner des changements significatifs au niveau de la conception des IHM. Ainsi la prochaine section sera dédiée au rôle du contexte dans la conception IHM et la définition d'un contexte culture de soutenabilité.

B. Impact du contexte sur les IHM

1) *Qu'est-ce qu'un contexte culturel ? Pourquoi est-ce important ?*

L'informatique sociale (comprise comme un domaine et non comme un paradigme) « renvoie à l'application de la compréhension sociologique à la conception de systèmes interactifs » [10]. Grâce à ce domaine d'étude, nous savons que l'utilisation d'un outil technique dépend de son contexte. Le contexte est ici entendu comme les éléments sociaux et techniques d'un environnement. Plus précisément, comme l'explique Dourish, un « contexte » peut se définir selon les éléments suivants :

- Les tâches que le système utilise pour accomplir l'action ;
- La raison pour laquelle les tâches sont exécutées ;
- Les conditions dans lesquelles le travail est effectué ;
- Les autres facteurs qui entourent l'utilisateur ou le système.

L'un des « autres facteurs » est, selon les auteurs, le facteur culturel. La culture est un mot large qui est compris ici comme la représentation de « très nombreux aspects intangibles de nos

valeurs, coutumes et modes de vie » [11]. Selon Hawkes, la culture comporte 3 aspects : (1) les valeurs, (2) les processus et le milieu et (3) la manifestation.

Avant d'aller plus loin, nous devons définir rapidement ce que nous entendons par soutenabilité. Dans cet article, la soutenabilité se réfère à la soutenabilité forte¹. La soutenabilité faible correspond au paradigme dominant. Dans cet article, nous comprenons la soutenabilité comme une soutenabilité forte [13], ce qui correspond à une vision spécifique du monde et à un véritable changement de paradigme (peut être perçu comme une innovation socio-technique radicale en marge d'un régime socio-technique dominant [14]). Gero et Kannengiesser [8], nous parlent du contexte de conception comme un contexte composé de 3 mondes [8, Figure 4] : le monde extérieur au concepteur, le monde interprété par le concepteur (c'est le monde extérieur mais perçu par le concepteur), le monde attendu par le concepteur (les effets des actions du concepteur ont un impact dans ce monde). Est-ce que l'urgence de la situation planétaire dû au dérèglement des éléments du systèmes Terre (dérèglement du Climat, perturbation des cycles biogéochimiques du phosphore et de l'azote, chute majeure de la biodiversité) a un impact sur la manière dont les concepteurs perçoivent leur métier et leur action dans le monde (monde attendu) ?

Nous faisons l'hypothèse que si les connaissances du concepteur évoluent (compréhension de l'urgence climatique dans notre exemple), sa manière de percevoir le monde et de concevoir pour agir dans ce monde peut également évoluer. Par conséquent, nous considérons que cela peut avoir un impact sur la conception IHM. Ainsi les traditions, langues, préoccupations des concepteurs (éléments caractéristiques d'un contexte culturel) peuvent avoir une influence sur le monde attendu du concepteur et ce concepteur peut être en attente d'un type d'interaction spécifique.

2) Spécificités d'un « contexte de soutenabilité »

Afin de comprendre les spécificités d'un contexte de soutenabilité, nous nous sommes intéressés aux articles qui décrivent la relation entre les communautés et la technologie. Nous avons principalement utilisé les travaux de [15] et [16], pour identifier les spécificités de la technologie qui correspondraient à un contexte soutenable (de faire impact environnemental, sans pauvreté sociale). A travers ces articles,

¹ Grâce à [12], nous sommes en mesure de vous fournir une définition complète. La soutenabilité forte s'oppose à la soutenabilité faible. Ces approches ont une approche du "capital" car il existe 4 types de capital différents (naturel, physique, humain, social). Le paradigme de la soutenabilité faible est issu de la théorie néoclassique de la croissance économique. Dans ce paradigme, la nature est considérée comme substituable à d'autres types de capital. C'est la principale divergence avec le paradigme de soutenabilité forte dans lequel le capital naturel n'est pas substituable car la nature fournit 4 catégories différentes de fonctions (matériaux pour la production, assimilation des déchets, services d'agrément, soutien de base à la vie) qui sont la valeur première du bien-être humain.

nous avons identifié plusieurs caractéristiques de ces communautés (dans leur fonctionnement notamment). Cela nous permet d'identifier trois caractéristiques (parmi d'autres) des technologies interactives correspondant à ce contexte :

- Confiance dans le système : les données utilisées pour guider les acteurs dans leurs pratiques sont co-construites (compréhensibles).
- Convivialité du système : la complexité du système ne doit pas être trop grande pour ne pas limiter son utilisation. Si la complexité est trop élevée, l'outil peut allonger le temps nécessaire à l'accomplissement d'une tâche et l'utilisation de la technologie numérique devient contre-productive.
- Changement structurel : le système ne doit pas inviter à un comportement individuel "héroïque" pour le changement mais doit accompagner le changement structurel.

Afin de commencer à mieux comprendre la relation qui existe entre évolution culturelle et conception d'IHM dans le cadre d'une transition vers la soutenabilité, cette recherche repose sur l'analyse de l'état de l'art par une approche historique ainsi que l'observation et l'analyse d'une situation d'interaction entre des étudiants engagés sur le sujet de la soutenabilité et l'IHM d'un outil d'ingénierie qu'ils utilisent, notamment dans le cadre de la mise en place d'une analyse de cycle de vie (ACV).

III. ROLE DE L'IHM DANS L'ANALYSE DE CYCLE DE VIE

Dans cette section, nous verrons si l'évolution de l'IHM des outils d'ACV a suivi la même dynamique que celle décrite par Rauterberg pour les autres outils numériques.

A. Approche historique

Les premiers développements de logiciels d'ACV sont apparus au tournant des années 70s et le premier programme informatique spécifique à l'ACV a été conçu en 1973 [17]. Il fonctionnait de cette manière : « Les données remplissaient plusieurs boîtes contenant plusieurs centaines de cartes perforées. Les informations contenues dans ces cartes devaient être chargées dans l'ordinateur à l'aide d'un chargeur mécanique chaque fois que nous voulions effectuer des calculs » [17]. Lorsqu'il y avait des erreurs, les cartes devaient être vérifiées à la main. Au milieu des années 90, Baumann décrit un usage d'un logiciel d'ACV qui nous permet de comprendre le type d'IHM présent : « l'analyste ACV a passé 2 semaines à étudier le concept d'ACV. Il a ensuite passé environ 2 mois à rechercher et à collecter des données. Après cela, il a passé environ 2 mois devant l'ordinateur. » Nous pouvons constater que le paradigme caractérisant l'IHM des logiciels d'ACV au début de leur développement correspondait au paradigme personnel, dans le sens où ces logiciels étaient manipulés par un spécialiste spécifique et que les outils offraient peu la capacité à mettre en réseau différentes personnes (peut-être à l'exception de l'expert et de l'équipe de développement logiciel de l'entreprise propriétaire du logiciel pour la correction de bug) ou de transmettre des informations implicites. En effet, l'outil informatique servait à la constitution des inputs-outputs de chaque processus.

A partir des années 1990 (1990 pour SimaPro, 1998 pour GaBi, 1998 pour EIME [18]) mais surtout au tournant des années 2000, les logiciels d'ACV sont devenus plus robustes, notamment grâce à un usage plus conséquent et un développement du nombre de logiciel sur le marché [19]. Cela a également permis une augmentation du nombre de fonctionnalités (modélisation des systèmes, visualisation des arbres de procédés, représentation des résultats, etc) développées.

La plupart des logiciels d'ACV sont ancrés dans un paradigme IHM personnel. Cependant, certains commencent à rentrer dans un paradigme coopératif par la possibilité d'utiliser un même projet d'ACV par plusieurs utilisateurs depuis des postes informatiques différents (mode multi-utilisateurs de SimaPro [20]).

Des logiciels sur le marché ou en cours de conception commencent à intégrer les aspects sociaux et culturels. En effet, pour les aspects sociaux, certains forums sont nés pour faire vivre la communauté ACV (forum ask.openlca.org permettant l'échange multimédia entre utilisateurs du logiciel).

Concernant les aspects culturels, des travaux menés par Borrión et ses collègues [21] nous montrent comment la co-construction des données au sein d'une communauté (de praticiens, d'une entreprise) est importante pour l'appropriation de la méthode d'ACV et la diffusion de la pensée en cycle de vie au sein de la communauté. Il semblerait que cette co-construction permettrait une appropriation des concepts portés par l'ACV. En effet nous pouvons lire dans l'article : « Le document démontre comment les outils d'ingénierie peuvent être développés et utilisés dans l'engagement communautaire pour concevoir des infrastructures communautaires plus durables et résilientes. ». Les chercheurs concluent sur le fait qu'« un engagement plus fort entre les communautés locales et les ingénieurs et concepteurs d'infrastructures peut permettre une coévolution positive des systèmes techniques et de la société en réponse au changement environnemental et climatique. » Ainsi, une approche différente de la conception en IHM permettrait un engagement différent de la communauté d'utilisateurs. Cet élément est l'une des caractéristiques trouvées dans la littérature concernant l'IHM soutenable (confiance dans le système II.2).

B. Étude préliminaire

1) Description de la situation et méthode utilisée

Cette section est axée sur l'observation d'une situation d'interaction. Cette observation constitue une étude préliminaire qui a besoin d'être complétée et consolidée par d'autres études. Cette étude sert ici comme point de départ pour d'autres expériences. Nous présentons cette observation comme première piste pour l'identification des éléments propices à une IHM soutenable. Autrement dit, l'objectif est de savoir comment il serait possible d'identifier les caractéristiques d'interaction attendues par une population fortement ancrée dans une culture soutenable. Le fait que le groupe observé se confronte aux mêmes éléments bloquants que ceux observés dans la littérature, nous permet de poser l'hypothèse selon laquelle cela constitue un élément nécessaire à des personnes ancrées dans une culture dite soutenable. Ces

hypothèses doivent être testées, approfondies et précisées dans d'autres études.

Il s'agit de sélectionner un groupe d'individus de définir les caractéristiques des individus du groupe et d'observer l'IHM en termes d'adéquation avec un type de culture représenté par le groupe sélectionné.

Pour cela, des étudiants en master 2, acteurs de la transition écologique (fort ancrage, revendication de ce positionnement par des choix de parcours de formation par exemple et des propositions de modifications de formation pour l'intégration des enjeux environnementaux et sociaux dans les formations d'ingénierie) ont été observés dans la manipulation du logiciel openLCA (outil d'ACV). Ce moment d'observation correspondait à la première utilisation du logiciel par ce groupe (découverte).

Prendre des personnes qui sont en période d'apprentissage nous permet de voir les problèmes qui se posent très rapidement pour les personnes souhaitant utiliser un logiciel. Cela permet d'aborder ces problèmes car ils sont exprimés explicitement sous forme de questions aux enseignants. Leur compréhension de l'ACV en soi ne nous intéresse pas ici mais bien le type d'interaction entre le logiciel ACV et leur groupe de travail. Nous avons observé le groupe de 25 étudiants pendant 3 travaux dirigés de 2 heures chacun. Au cours de chaque session, nous avons noté les questions des étudiants sur les données, les informations sur l'ACV et leurs remarques sur le logiciel. De plus, suite à une analyse qualitative [22], nous avons fait un compte-rendu, suivi d'une micro-analyse, suivie d'un moment de codage.

2) Attentes formulées au niveau de l'IHM

Cette partie traite des attentes des élèves à l'égard du logiciel. Le tableau 2 présente les différentes remarques des élèves exprimées lorsqu'ils apprenaient à manipuler le logiciel openLCA. La situation de chaque citation est expliquée sur la même ligne. La récurrence des questions posées n'a pas été enregistrée au moment où l'observation a été faite (mais récurrence plutôt forte).

Nous pouvons identifier trois catégories différentes de problèmes :

- Problèmes relatifs aux données (situation n°1 et 2)
- Questions relatives à l'information (situation n°3 et 4)
- Questions relatives à la modélisation (situation n°5)

Deux éléments semblent assez étonnants : (1) les étudiants paraissent déçus de constater qu'ils ne pouvaient pas représenter toute la complexité de leur produit par le biais du logiciel, (2) certains étudiants ont été surpris que toutes les données des bases de données ACV ne soient pas complètes et que parfois, ils aient dû choisir une donnée qui ne reflète pas la réalité exacte de leur produit. Cette attente de précision du logiciel et du système d'information autour du domaine de l'ACV révèle la confiance que ces étudiants ont dans les logiciels d'ingénierie. Cette attente est cohérente avec le méta-paradigme actuel défini par Hilbert [23] qui consiste à disposer de données et de connaissances facilement accessibles.

Il ne s'agit pas de dire qu'un logiciel d'ACV doit représenter la complexité d'un produit et avoir une multitude de données. Il s'agit de montrer les attentes d'étudiants face à un outil informatique.

N°	Situation	Citation des étudiants
1	Les étudiants cherchaient une donnée dans une base de données d'ACV pour compléter leur ACV.	« Nous ne trouvons pas les données correspondantes dans Ecolnvent » ; « Il n'y a aucune donnée, même pas proche [de celle que vous recherchez], comment faites-vous ? »
2	Les étudiants cherchaient la bonne façon d'insérer des données dans leur modèle.	« Devrions-nous créer une nouvelle donnée ou devrions-nous en sélectionner une directement dans la base de données ? »
3	Les élèves ont essayé de reproduire une ACV à partir d'un rapport d'ACV trouvé sur Internet.	"Ce n'était pas précisé dans le rapport" ; "Nous manquons de cette information"
4	Les étudiants lisaient la description de chaque donnée et essayaient de comprendre si cette donnée était la plus proche de ce qu'ils recherchaient.	« L'information est là, mais nous ne la comprenons pas »
5	Les étudiants ont essayé de comprendre la logique de la modélisation en ACV ouverte.	« Comment modéliser la fin de vie ? » « Comment modéliser les processus de transport ? »

Tableau 2. CITATIONS D'ETUDIANTS APPRENANT A MANIER UN LOGICIEL D'ACV(SEPTEMBRE ET NOVEMBRE 2019)

3) Utiliser l'ACV dans un groupe projet

Cette partie traite de la difficulté de travailler en collaboration sur une analyse du cycle de vie. En effet, les étudiants ont dû travailler par groupes de 5 à 7 et tous ont dû comprendre la méthodologie de l'ACV et la façon dont le logiciel mettait en œuvre la méthodologie. Une difficulté des groupes projets concernait l'impossibilité de travailler ensemble sur le même logiciel. Cette difficulté concerne le type d'IHM qui a été mis en œuvre dans openLCA. Il s'agit d'une interaction entre l'homme et l'ordinateur sans qu'aucune activité sociale ne soit nécessaire via l'interaction.

C. Autres limites

Certaines limites de cette première étude ont été posées au début de la section III. Le choix des étudiants a été fait uniquement sur la base de leur engagement dans une formation spécialisée. Cela devrait compléter afin d'identifier s'il y a une récurrence entre une caractéristique culturelle spécifique et les problématiques d'interaction. Différents éléments culturels n'ont pas été référencés : niveau de compréhension de l'informatique, niveau de capacité à utiliser un logiciel informatique, ancrage territorial, origine sociale, type de formation suivie. Ces éléments pourraient avoir un impact plus important que la culture soutenable sur la manière d'interagir avec le logiciel. Ces éléments pourraient être répertoriés dans une future étude plus approfondie.

Cependant, l'ensemble de ces éléments d'analyse nous incite tout de même à formuler quelques propositions et envisager quelques perspectives de recherche.

IV. APPORTS POTENTIELS DE L'INFORMATIQUE CULTURELLE

A. Expertise et complexité

La complexité de la méthodologie ACV, la complexité de l'accès aux données, la complexité des données elles-mêmes (en termes de construction des données par les experts et de compréhension par les utilisateurs), ne permettent pas à openLCA d'être convivial (au sens d'Ivan Illich). De plus, openLCA porte une pratique plutôt solitaire (ou en petits groupes) de l'ACV, en partie à cause de cette complexité. openLCA ne facilite pas l'engagement d'une multitude de parties prenantes dans un processus d'évaluation environnementale (à l'instar des travaux de [21]).

B. Représentation du monde

L'ACV est un outil né dans un contexte de collaboration entre la recherche et l'industrie. L'idée du logiciel est de représenter les entrées - sorties significatives d'un système technique. Il semble que les acteurs dépendent de ce qui se passe dans le logiciel (accès aux données, mode de modélisation, production de résultats) pour agir dans la vie réelle. C'est une pratique qui existe depuis longtemps dans le monde industriel et qui fait partie de cette culture industrielle (par exemple, on retrouve cette même caractéristique dans les outils de type Product Life cycle Management). Cette pratique est potentiellement problématique car elle ne correspond pas aux pratiques et manifestations d'une culture de la soutenabilité. Comme l'a dit [16], "l'application n'est pas là où se trouve l'action" et il semble que le temps nécessaire pour mener une ACV (de 6 mois à 2 ans) par un prestataire extérieur peut être un moment d'arrêt dans l'engagement des parties prenantes de l'organisation car elles sont en attentes de résultats et sont peu « embarquées » dans le travail d'évaluation environnementales.

C. Futurs travaux

Nous souhaitons réaliser des tests « Think aloud » avec des personnes s'initiant à l'analyse de cycle de vie. Ces entretiens permettraient une expression des problèmes par les personnes en situation d'apprentissage. Cela permettrait d'avoir une vision complète des dimensions de la présence pendant l'exposition à une interaction [5].

Afin de comprendre la complexité de ce changement de paradigme (de l'individuel au culturel), nous prévoyons de tester l'utilisation d'un outil d'ingénierie (l'ACV) avec différents ensembles d'individus (à différents niveaux de soutenabilité) et d'identifier les éléments de l'IHM ancrés dans l'outil qui ne sont pas propices à une culture de la soutenabilité en termes de pratiques. De cette façon, la différence d'utilisation entre différents contextes soutenables peut être mesurée et des indications en termes de modification de l'outil peuvent être formulées afin d'asseoir une expérience culturelle qui serait jugée satisfaisante par cette population spécifique d'utilisateurs.

V. CONCLUSIONS

Les travaux préliminaires développés dans ce papier montre que les IHM d'outils numériques utilisés en ingénierie ne sont pas toujours parfaitement adaptés à la culture de leurs utilisateurs, en particulier dans cette période de transition

numérique et écologique. Cette étude montre que les approches de l'informatique culturelle pourraient alimenter la conception des IHM des outils d'ingénierie pour les adapter à l'évolution de leurs utilisateurs.

VI. REMERCIEMENTS

«ACVnum : Analyse de cycle de vie et transition numérique» est cofinancé par l'Union européenne. L'Europe s'engage en Champagne-Ardenne avec le Programme Opérationnel FEDER/FSE/IEJ Champagne Ardenne 2014-2020 / Fonds européen de développement régional.

VII. REFERENCES

- [1] T. Hewett *et al.*, 'ACM SIGCHI Curricula for Human-Computer Interaction', Jan. 1992, doi: 10.1145/2594128.
- [2] J. C. Mankoff *et al.*, 'Environmental sustainability and interaction', in *CHI '07 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, New York, NY, USA, Apr. 2007, pp. 2121–2124, doi: 10.1145/1240866.1240963.
- [3] C. DiSalvo, P. Sengers, and H. Brynjarsdóttir, 'Mapping the landscape of sustainable HCI', in *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, New York, NY, USA, Apr. 2010, pp. 1975–1984, doi: 10.1145/1753326.1753625.
- [4] A. Caraban, E. Karapanos, D. Gonçalves, and P. Campos, '23 Ways to Nudge: A Review of Technology-Mediated Nudging in Human-Computer Interaction', in *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, New York, NY, USA, May 2019, pp. 1–15, doi: 10.1145/3290605.3300733.
- [5] M. Rauterberg, 'From Personal to Cultural Computing: how to assess a cultural experience', p. 10.
- [6] N. Tosa, S. Matsuoka, B. Ellis, H. Ueda, and R. Nakatsu, 'Cultural Computing with Context-Aware Application: ZENetic Computer', in *Entertainment Computing - ICEC 2005*, Berlin, Heidelberg, 2005, pp. 13–23, doi: 10.1007/11558651_2.
- [7] S. Sharma, 'Proliferation of Social Computing: Cultural Computing Paradigm', *International Journal of Computer Applications*, vol. 137, p. 5.
- [8] J. S. Gero and U. Kannengiesser, 'The situated function–behaviour–structure framework', *Design Studies*, vol. 25, no. 4, pp. 373–391, Jul. 2004, doi: 10.1016/j.destud.2003.10.010.
- [9] R. Nakatsu, M. Rauterberg, and B. Salem, 'Forms and theories of communication: from multimedia to Kansei Mediation', *Multimedia Systems*, vol. 11, no. 3, pp. 304–312, Mar. 2006, doi: 10.1007/s00530-005-0006-9.
- [10] P. Dourish, *Where the Action is: The Foundations of Embodied Interaction*. MIT Press, 2004.
- [11] J. Hawkes, *The Fourth Pillar of Sustainability: Culture's Essential Role in Public Planning*. Common Ground, 2001.
- [12] S. Dietz and E. Neumayer, 'Weak and strong sustainability in the SEEA: Concepts and measurement', *Ecological Economics*, vol. 61, no. 4, pp. 617–626, Mar. 2007, doi: 10.1016/j.ecolecon.2006.09.007.
- [13] R. K. Turner, D. Pearce, and I. Bateman, 'Environmental economics: an elementary introduction.', *Environmental economics: an elementary introduction.*, 1994, Accessed: Nov. 26, 2020. [Online]. Available: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19931861592>
- [14] J. S. Vandeventer, C. Cattaneo, and C. Zografos, 'A Degrowth Transition: Pathways for the Degrowth Niche to Replace the Capitalist-Growth Regime', *Ecological Economics*, vol. 156, pp. 272–286, Feb. 2019, doi: 10.1016/j.ecolecon.2018.10.002.
- [15] J. Norton, B. Penzenstadler, and B. Tomlinson, 'Implications of Grassroots Sustainable Agriculture Community Values on the Design of Information Systems', *Proc. ACM Hum.-Comput. Interact.*, vol. 3, no. CSCW, p. 34:1-34:22, Nov. 2019, doi: 10.1145/3359136.
- [16] A.-M. S. Hansen, 'The App Is Not Where the Action Is: Discussing Features of an Internal Communication System for a Permaculture Village', in *Proceedings of the 7th International Conference on ICT for Sustainability*, New York, NY, USA, Jun. 2020, pp. 275–284, doi: 10.1145/3401335.3401824.
- [17] R. G. Hunt, W. E. Franklin, and R. G. Hunt, 'LCA — How it came about', *Int. J. LCA*, vol. 1, no. 1, pp. 4–7, Mar. 1996, doi: 10.1007/BF02978624.
- [18] L. Aissani, M. Pradel, and M. E. Mollaret, 'Comparaison de deux logiciels d'ACV GaBi 4 et Simapro 7.1.8', 2009. [Online]. Available: <https://hal.inrae.fr/hal-02592567/document>.
- [19] N. Unger, P. Beigl, and G. Wassermann, 'General requirements for LCA software tools', p. 6.
- [20] PRé Sustainability, 'Software Installation', *SimaPro Help Center*, Mar. 04, 2021. <https://support.simapro.com/articles/Article/SimaPro-Installation> (accessed Mar. 04, 2021).
- [21] A. Borrión, J. Matsushita, K. Austen, C. Johnson, and S. Bell, 'Development of LCA Calculator to support community infrastructure co-design', *Int J Life Cycle Assess*, vol. 24, no. 7, pp. 1209–1221, Jul. 2019, doi: 10.1007/s11367-018-1492-2.
- [22] C. Lejeune, *Manuel d'analyse qualitative*. De Boeck Supérieur, 2019.
- [23] M. Hilbert, 'Information Quantity', in *Encyclopedia of Big Data*, L. A. Schintler and C. L. McNeely, Eds. Cham: Springer International Publishing, 2017, pp. 1–4.