

CircuSChain : une méthode d'évolution continue pour évaluer et aider à concevoir des chaînes logistiques selon les principes de l'économie circulaire

CircuSChain: A continuous improvement method for evaluating and designing supply chains based on circular economy principles

Asiye Kurt^{1,2}, Mario Cortes-Cornax¹, Agnès Front¹, Van-Dat Cung², Fabien Mangione²

¹ Univ. Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble INP*, LIG, prenom.nom@univ-grenoble-alpes.fr

² Univ. Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble INP*, G-SCOP, prenom.nom@grenoble-inp.fr

RÉSUMÉ. L'économie circulaire consiste à produire des biens et des services de manière durable en limitant la consommation et le gaspillage des ressources et la production des déchets. Dans le domaine de la logistique, les entreprises cherchent à revoir leurs pratiques et à adopter les principes de l'économie circulaire en essayant de rendre leurs chaînes logistiques davantage circulaires. Une transition réussie vers des chaînes logistiques davantage circulaires nécessite une évaluation continue de l'amélioration de sa circularité. Cet article présente une méthode d'évolution continue appelée CircuSChain dont l'objectif est de guider les organisations pour leur permettre d'évaluer et de concevoir des chaînes logistiques plus circulaires. La méthode, formalisée sous la forme d'un modèle de processus intentionnel et d'un méta-modèle de produits, se base sur l'utilisation d'un modèle générique de chaîne logistique circulaire, d'un jeu sérieux permettant de simuler la structure et le fonctionnement d'une chaîne logistique circulaire, et d'un indicateur permettant de calculer la circularité d'une chaîne logistique. Cet article étend un précédent article [KUR 23] en détaillant ces outils utilisés par la méthode ainsi que l'ensemble des protocoles utilisés dans les différentes stratégies proposées par la méthode.

ABSTRACT. The Circular Economy consists in producing goods and services in a sustainable way by limiting the consumption and waste of resources and the production of waste. Pressure from laws, stakeholders and customers leads organization to review their practices and adopt the circular economy principles to improve the circularity of their supply chains. In practice, companies look for a way to make their supply chains more circular. A successful transition towards circular supply chains requires continual measurement of progress towards circularity. The main contribution of this paper is a method called CircuSChain that aims at guiding organizations in order to evaluate and design more circular supply chains. The method, formalized in the form of an intentional process model and a product meta-model, is based on the use of a generic model of circular supply chains, a serious game to simulate the structure and operating of a circular supply chain, and a circularity indicator to calculate the circularity of a supply chain. This paper extends a previous article [KUR 23] by detailing these tools used by the method as well as all the protocols used in the different strategies proposed by the method.

MOTS-CLÉS. Méthode d'évolution continue, Chaîne logistique, Économie circulaire.

KEYWORDS. Continual Evolution Method, Supply Chain, Circular Economy.

1. Introduction

D'après la définition donnée sur le site du ministère français de la transition écologique et de la cohésion des territoires[†], l'économie circulaire consiste à produire des biens et des services de manière durable en limitant la consommation et le gaspillage des ressources et la production des déchets. Par opposition à l'approche linéaire (« take-make-dispose »), l'économie circulaire vise à minimiser les apports de ressources, les déchets et la pollution en réutilisant le plus longtemps possible les produits,

* Institute of Engineering, Univ. Grenoble Alpes, 38000 Grenoble, France

[†] <https://www.ecologie.gouv.fr/leconomie-circulaire>, consulté le 25/01/2024

composants et matériaux [GEI 17]. De fait, la circularité est fortement liée aux cycles de vie des produits, de la conception jusqu'à la gestion de fin de vie, en passant par l'approvisionnement, la production, la distribution, l'usage, la collecte, etc. Des stratégies de conception de produits et des activités « E-o-L » (End of Life), également appelées activités d'économie circulaire, doivent donc être plus spécifiquement réalisées pour cela, telles que la réutilisation, la remise à neuf, le recyclage, la refabrication, etc. L'économie circulaire est guidée par les principes suivants : (1) appliquer plusieurs activités d'économie circulaires en parallèle [BLO 17], (2) utiliser et réutiliser des matériaux [GEN 17], et (3) favoriser des boucles ouvertes entre des secteurs distincts par le biais de la réaffectation, qui consiste à transférer des produits inutiles d'une chaîne logistique dans un domaine d'activité vers un autre domaine d'activité, pour un produit différent [FAR 19]. D'un point de vue systémique, l'ensemble de ces activités tout au long du cycle de vie d'un produit, forme une chaîne logistique constituant une brique fondamentale dans la transition vers l'économie circulaire car elle est au cœur du système de conception et fabrication du produit.

Les chaînes logistiques sont décrites comme des structures « gérant les apports de biens ou de services comprenant une gamme d'activités pour les utilisateurs finaux depuis l'approvisionnement en matières premières jusqu'à la fin de vie des produits » [TEC 05] [AHI 13]. Diverses notions dans la littérature, telles que logistique inverse (Reverse logistics) ou encore chaîne logistique verte (Green Supply Chain), traitent partiellement de ces principes d'économie circulaire [JAI 18] [SUD 22]. Les principales caractéristiques d'une chaîne logistique circulaire s'appuient sur les principes d'économie circulaire suivants :

– **C0- Au moins une activité d'économie circulaire.** Une structure de chaîne logistique circulaire doit contenir au moins une activité d'économie circulaire (réutilisation, remise à neuf, recyclage, etc.) en plus des activités linéaires de la chaîne logistique (extraction de matériaux, production, distribution, utilisation, collecte et destruction).

– **C1- Boucles consécutives d'utilisation du matériel.** Cette caractéristique est basée sur le principe que les cycles consécutifs d'utilisation des produits, composants ou matériaux usagés prolongent leur durée de vie (« power of circling longer » [EMF 13] [EMF 14]. Par exemple, un téléphone portable peut être reconditionné et réutilisé en seconde main (2ème boucle), puis ses composants seront eux-mêmes réutilisés pour fabriquer d'autres produits (non nécessairement des téléphones) (3ème boucle), et enfin les composants seront collectés pour être détruits (4ème boucle).

– **C2- Plusieurs options d'activités d'économie circulaire simultanées :** « power of inner circle » [EMF 13] [EMF 14] et « inertia principle » [STA 82] [STA 10]. Ainsi, plus la boucle est serrée, moins un produit doit être changé lors du retraitement. Par conséquent, avoir des boucles plus courtes implique une circularité plus élevée. Avoir plusieurs activités d'économie circulaire dans une chaîne logistique implique que l'activité la plus appropriée peut être choisie pour traiter un produit usagé en fonction de sa qualité. Cela évite une perte de valeur en termes d'énergie, de matériaux, de main-d'œuvre et de pollution.

– **C3- Boucles ouvertes** (« open-loops ») et intégration de chaînes logistiques distinctes. Cette caractéristique repose sur l'utilisation en cascade d'un produit dans différentes chaînes logistiques : « power of cascaded use » [EMF 13] [EMF 14], qui permet à un produit d'être réutilisé pour une autre activité que celle pour laquelle il avait été conçu au départ. Par exemple, les batteries de véhicules électriques peuvent être réutilisées comme batteries alimentant des lampadaires.

La figure 1 montre un exemple informel d'une chaîne logistique circulaire. Dans cet exemple, la chaîne logistique circulaire est composée de 2 chaînes logistiques destinée à la fabrication de produits différents (Product 1, par exemple une voiture électrique, et Product 2, par exemple des lampadaires). Chacune de ces chaînes logistiques comporte des activités linéaires (par exemple Linear Supply Chain 1) telles que l'extraction de matières premières, la fabrication des composants (les roues de la voiture, le capot, le moteur, etc.), l'assemblage du produit, la distribution au client, puis en fin de chaîne, la collecte du produit, voire sa destruction. Suite à la collecte du produit usagé, une partie du produit

collecté (par ex, certains composants de la voiture) peuvent être réutilisés et réinsérés dans la même chaîne logistique pour fabriquer d'autres voitures : la chaîne logistique du produit 1 est alors considérée comme une chaîne logistique circulaire en boucle fermée car elle comporte des activités de réutilisation dans la même chaîne logistique. D'autres parties du produit collecté peuvent également être réutilisées pour la fabrication d'autres types de produits et intégrées dans d'autres chaînes logistiques. Par exemple, la batterie d'une voiture électrique usagée peut être réutilisée comme élément de batterie d'un lampadaire (e.g. Linear Supply Chain 2). On parle alors d'une chaîne logistique circulaire en boucle ouverte permettant de réutiliser des composants ou produits pour une autre activité que celle pour laquelle ils avaient été conçus au départ.

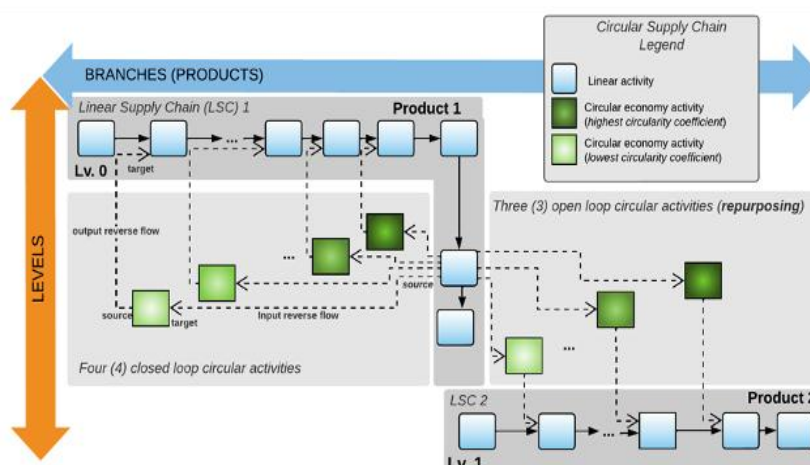


Figure 1. Chaîne logistique circulaire : un exemple informel

La pression des lois, des parties prenantes et des clients conduit les organisations à revoir leurs pratiques pour adopter les principes de l'économie circulaire et améliorer la circularité de leurs chaînes logistiques. La circularité des chaînes logistiques est un enjeu majeur dans le développement industriel, elle est donc naturellement largement étudiée dans la communauté scientifique [BRE 19] [LIM 22] [LAH 20] [SUD 22]. Cependant, une transition réussie vers une chaîne logistique circulaire nécessite une mesure continue de la progression vers la circularité [JAI 18]. Le manque de connaissances et de sensibilisation sur les chaînes logistiques circulaires constitue un obstacle difficile pour les gestionnaires de chaînes logistiques et les organisations désireuses d'améliorer leur circularité. De nouveaux outils et méthodes sont nécessaires pour promouvoir les chaînes logistiques circulaires et accompagner leur conception et leur évolution.

Cet article propose une méthode appelée CircuSChain pour améliorer la circularité dans les chaînes logistiques. Cette méthode s'appuie sur le framework As-Is/As-If défini dans des travaux antérieurs [CEL 19], destiné aux ingénieurs de méthodes pour les aider à développer des méthodes d'évolution continue. Cet article est une version étendue de l'article [KUR 23] publié au congrès INFORSID'2023. En plus d'une bibliographie complétée et de la discussion enrichie avec de nouvelles perspectives, il introduit deux extensions principales :

- d'une part, dans la section 3, les différents outils orchestrés par la méthode CircuSChain sont exposés : le modèle générique de chaîne logistique (version détaillée), l'indicateur de circularité, l'outil de classification des indicateurs et le jeu sérieux sur le thème des chaînes logistiques circulaires ;

- d'autre part, la présentation de la méthode CircuSChain est enrichie pour détailler chacune des stratégies de la méthode. Chaque stratégie est désormais formalisée par son modèle de processus intentionnel (décrit sous forme de map intentionnelle) et le ou les protocoles associés. Pour plus de lisibilité de l'article, l'ensemble des 8 protocoles fournis dans la méthode est mis à disposition en annexe.

Dans la suite de cet article, la section 2 présente des travaux connexes de l'état de l'art en se concentrant sur les méthodes qui pourraient être appliquées pour améliorer la circularité des chaînes

logistiques. La section 3 fournit un aperçu des différents outils intégrés dans la méthode. La méthode est présentée de manière détaillée dans la section 4 avec un cas d'utilisation illustratif dans le domaine du textile. La section 5 discute de l'apport de la construction de la méthode CircuSChain dans l'amélioration du framework As-Is/As-If. Enfin, la section 6 conclut l'article et présente quelques perspectives de recherche.

2. Travaux connexes

Les méthodes d'évolution continue répondent à divers besoins d'amélioration allant de changements mineurs à certains plus radicaux [CEL 21]. Cette vision holistique de l'évolution continue, que nous proposons dans des travaux antérieurs [CEL 19], a un impact sur les méthodes à utiliser pour mettre en œuvre cette évolution. Notre point de vue est que ces méthodes doivent d'une part s'appuyer sur des cycles d'évolution continue (par opposition aux approches par projet qui ont un budget et des dates délimités) et d'autre part favoriser au maximum la participation active et collective des acteurs de l'organisation. En ce sens, les approches ludiques et participatives sont particulièrement adaptées afin de réduire la barrière à l'entrée pour les participants. Nous prenons également en compte le niveau de formalisation de la méthode, par exemple par la proposition d'un méta-modèle de produit qui permet de définir les différents composants de la méthode et leurs relations, et peut également aider à la conception d'un outil support à la méthode. De plus, la spécificité du domaine est un avantage important d'une méthode afin d'obtenir une orientation plus fine si les utilisateurs finaux ne sont pas des experts du domaine. L'ensemble de ces critères nous permet de comparer les travaux connexes dans le tableau 1 selon les considérations mentionnées ainsi que de positionner notre approche.

Différents exemples de méthodes d'évolution ou d'amélioration continue peuvent être trouvés dans la littérature. PDCA (Plan, Do, Check, Act) [DEM 18], DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) [DEE 18], 8D (8 Disciplines) [ZAR 17] et A3 [SHO 08] sont des méthodes génériques utilisant principalement une approche projet. Bien que la plupart d'entre elles aient été appliquées pour améliorer les applications ou les chaînes logistiques vertes/durables, elles n'ont pas été particulièrement appliquées pour améliorer la circularité des chaînes logistiques. De plus, aucune de ces méthodes ne favorise une approche participative. À l'exception de DMAIC [DEE 18], les méthodes susmentionnées n'ont pas été formalisées, ce qui rend difficile la construction d'outils support à ces méthodes. Ces méthodes adoptent et promeuvent une interprétation et une application ad-hoc.

Du point de vue des méthodes dédiées, différents travaux sont proposés pour spécifiquement intégrer l'économie circulaire dans les entreprises et/ou leurs chaînes logistiques. Par exemple, dans [NOE 23], les auteurs esquissent les principes d'une méthode itérative structurée appelée « Business canvas circulaire » permettant de soutenir la transition vers l'économie circulaire en s'appuyant sur une démarche de transformation numérique. La question posée concerne plus particulièrement la chaîne de valeur et la manière dont les technologies numériques et les systèmes d'information peuvent soutenir et accélérer l'économie circulaire. La méthode est composée de 4 étapes d'un cycle de montée en maturité : 1) situer le niveau de maturité du domaine en question, à la fois en économie circulaire et technologie numérique, 2) construire la chaîne de valeur circulaire et/ou du modèle économique circulaire, 3) analyser les besoins/barrières et les stratégies pour lever ces derniers, 4) identifier les technologies numériques utilisables pour la mise en œuvre.

Par ailleurs, UN Global Compact Business for Social Responsibility [UN 15] propose un rapport intitulé « Supply Chain Sustainability : A Practical Guide for Continuous Improvement » contenant six étapes : Commit, Assess, Define, Implement, Measure, et Communicate. Ce guide vise à améliorer la durabilité d'une chaîne logistique et propose une approche participative. Malgré la spécificité de son domaine et son approche participative, il n'est cependant pas spécifiquement dédié aux chaînes logistiques circulaires ni formalisé.

Enfin, le modèle SCOR “*Supply Chain Operations Reference*” [ASC 24] qui fait foi pour les praticiens, intègre dans sa dernière version le concept d'économie circulaire. Néanmoins, il est encore

très peu préconisateur sur les méthodes de déploiement de l'économie circulaire et reste majoritairement à des niveaux très macros [VAN 23] [VEG 20].

	Méthodes d'évolution continue		Techniques de résolution de problème		Méthodes dédiées			
Critères	PDCA	DMAIC	8D	A3	UN Supply Chain Sustainability	SCOR	[NOE 23]	CircuSChain
Appliqué aux chaînes logistiques	✓	✓	✓		✓	✓		✓
Appliqué aux applications "green » / responsables	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓
Appliqué aux chaînes logistiques circulaires						✓		✓
Formalisation		Méta-modèle, outil support				Modèle macro	Processus en 4 étapes	Méta-modèle, outil support en construction
Approche participative					✓			✓

Tableau 1. Comparaison de méthodes et positionnement de la méthode CircuSChain

Le framework As-Is/As-If a été intrinsèquement construit et formalisé pour soutenir les cycles d'évolution continue et promouvoir une approche participative afin d'instiller dans les organisations une culture de l'évolution continue. La méthode CircuSChain, qui est une adaptation de ce framework, hérite de ces caractéristiques. De plus, elle est dédiée aux chaînes logistiques circulaires.

3. La boîte à outils utilisée par la méthode

La méthode CircuSChain utilise différents outils proposés indépendamment dans des travaux antérieurs, mais dont l'utilisation orchestrée sous la forme d'une méthode participative permet d'obtenir une amélioration continue de la circularité des chaînes logistiques. L'orchestration de ces outils au sein de la méthode CircuSChain est représentée dans la figure 2 et les différents outils sont introduits brièvement. Les publications associées à la présentation de ces outils permettront d'obtenir plus de détails sur chacun des outils.

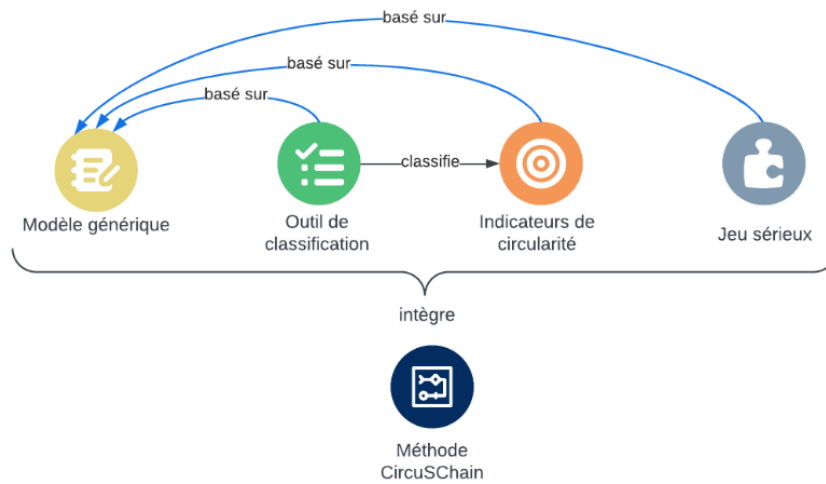


Figure 2. Des outils intégrés à la méthode

3.1. Le modèle générique de chaîne logistique circulaire.

La figure 3 présente sous forme d'un diagramme de classes UML un modèle générique permettant de caractériser les différents composants d'une chaîne logistique circulaire. Déjà introduit dans [KUR 23], le modèle présenté ici est plus détaillé. Un exemple sert d'illustration en partie basse de la figure. Les carrés bleus représentent les activités linéaires telles que l'extraction, la production, la distribution et l'utilisation. Le méta-modèle de la figure structure le lien entre la chaîne linéaire et les activités qui la composent. Il inclut une seule extraction, une seule collecte, une seule disposition et une seule utilisation, tout en intégrant plusieurs activités intermédiaires (au moins une). Cela justifie le lien entre les classes *Linear Supply Chain* et les enfants de la classe *Linear Activity*.

Les activités circulaires telles que la réutilisation, la refabrication, le recyclage, etc., sont représentées par des carrés verts. Un coefficient de circularité (*circularityCoefficient*) est défini pour chaque activité circulaire afin de déterminer son degré de circularité. Les activités circulaires ont des dégradés de couleurs différents en fonction de leur coefficient de circularité. Plus les activités sont sombres, plus leur circularité est grande.

Une chaîne logistique a deux attributs dérivés selon le type de produit (branche) et ses exigences (niveau) :

- une branche fait référence au type de produit fabriqué tout au long de la chaîne logistique.
- un niveau fait référence aux exigences du produit fabriqué le long de la chaîne logistique linéaire associée : la remise à neuf étant la réutilisation de produits usagés pour des applications moins exigeantes que les applications d'origine, les produits des chaînes logistiques linéaires intégrées ont des exigences moindres : par exemple, les exigences sont moindres pour des téléphones reconditionnés que pour des téléphones neufs.

Ce modèle est au cœur de la méthode CircuSChain car il définit les différents composants dans lesquelles l'amélioration de la circularité peut être appliquée. Comme nous le verrons dans la section suivante, ce modèle sera intégré dans un modèle plus large qui formalise les différents aspects de l'évolution continue, comme les points bloquants, les indicateurs ou les changements.

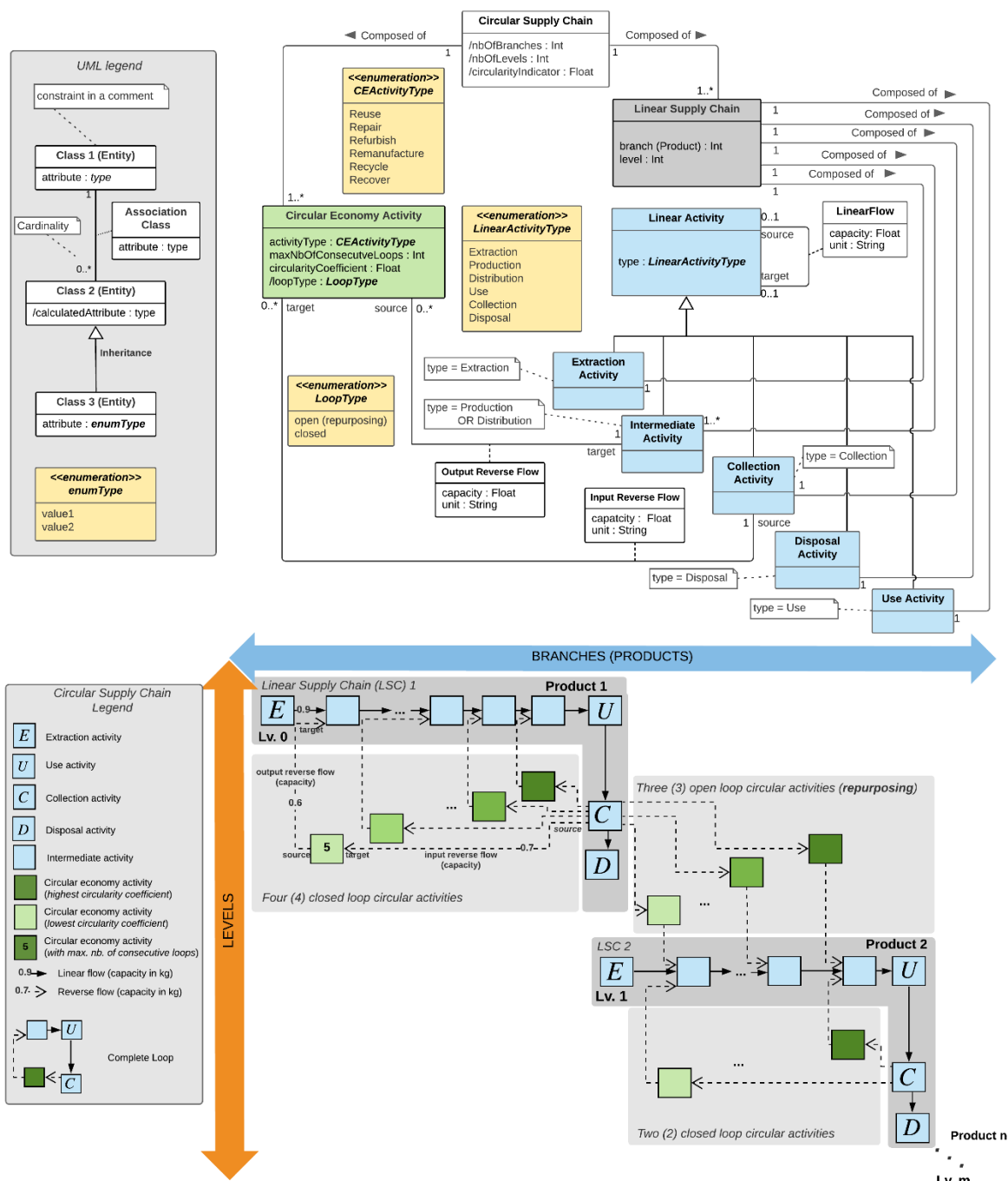


Figure 3. Modèle générique de chaîne logistique circulaire (partie haute) et exemple intuitif (partie basse)

3.2. L'outil de classification des indicateurs

Un outil de classification des indicateurs de chaînes logistiques circulaires proposé dans [KUR 21b] aide les chercheurs et les responsables d'une chaîne logistique à évaluer la circularité de la chaîne selon un certain nombre de dimensions, ainsi qu'à structurer et identifier des indicateurs potentiels.

Pour la construction de cet outil, nous nous appuyons sur les principes de création de valeur définis dans [EMF 13]. Nous analysons ces principes en prenant en considération les caractéristiques d'une chaîne logistique circulaire introduites dans la section 1, et nous proposons les dimensions correspondantes pour chaque principe. Les dimensions constituent les critères de classification de notre outil. Pour chaque dimension, les structures en boucle fermée (Closed) et ouverte (Open) sont prises en compte. Les grands axes de cette taxonomie sont illustrés dans la figure 4 et traduits ici:

– *Power of circling longer* – C1 : Boucles consécutives d'utilisation du matériel.

Dimensions : *Boucles consécutives* et *Durée d'utilisation*

– *Power of inner circle* – C2 : Plusieurs options d'activités d'économie circulaire simultanées

Dimensions : *Longueur des boucles*, *Nombre de boucles* et *Économies d'énergie / matériaux / main d'œuvre / pollution*

– *Power of cascade use* – C3 : Boucles ouvertes

Dimensions : *Branches* et *Niveaux*

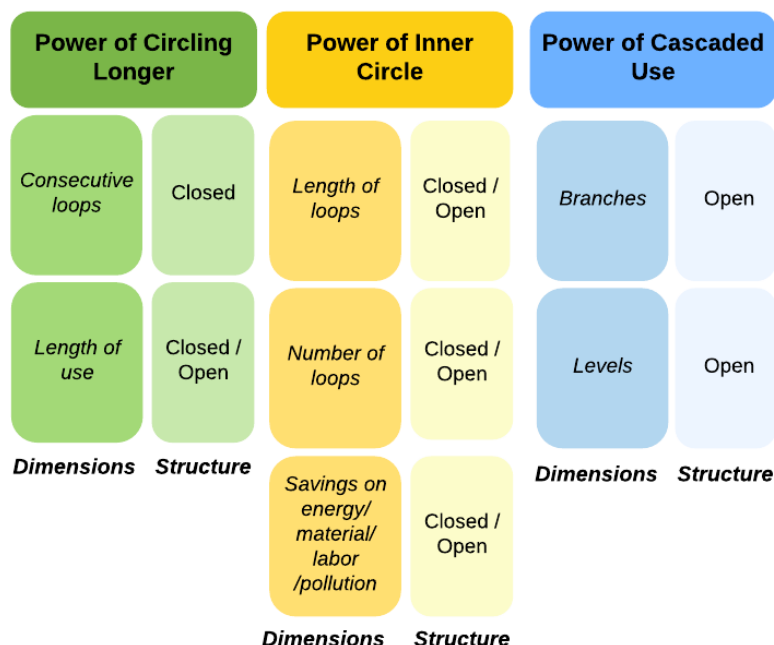


Figure 4. Outil de classification des indicateurs de circularité [KUR 21b]

3.3. L'indicateur de circularité

Dans [KUR 21a], nous avons proposé un indicateur afin d'évaluer la circularité des chaînes logistiques. Cet indicateur est basé sur le coefficient de circularité d'une activité circulaire pour un produit et sur le nombre de produits révalorisés dans le cadre de cette activité. Le coefficient de circularité est calculé en s'appuyant sur certaines dimensions mentionnées dans la section 3.2 : les économies d'énergie / matériaux / main d'œuvre / pollution, la durée d'utilisation et la longueur des boucles. Il est possible de calculer un indicateur de circularité pour chaque dimension, par exemple pour les dimensions « Length of loops », « Length of Use » ou encore toutes les dimensions « Savings (figure 4). Une perspective de nos travaux est de développer une approche multi-critères permettant d'obtenir une vision globale multi-dimensions.

Afin de permettre l'utilisation de notre indicateur de circularité, nous avons également proposé le prototype d'outil CircuSChain Calculator (figure 5). Cet outil a deux fonctionnalités principales : 1) Configurer des chaînes logistiques circulaires, et 2) Calculer les indicateurs selon les dimensions sélectionnées pour la chaîne logistique configurée. Il permet également de choisir la dimension pour laquelle calculer l'indicateur de circularité (bouton « Structural indicators »). Un exemple numérique de calcul des indicateurs sera donné dans la section 4.2.2.

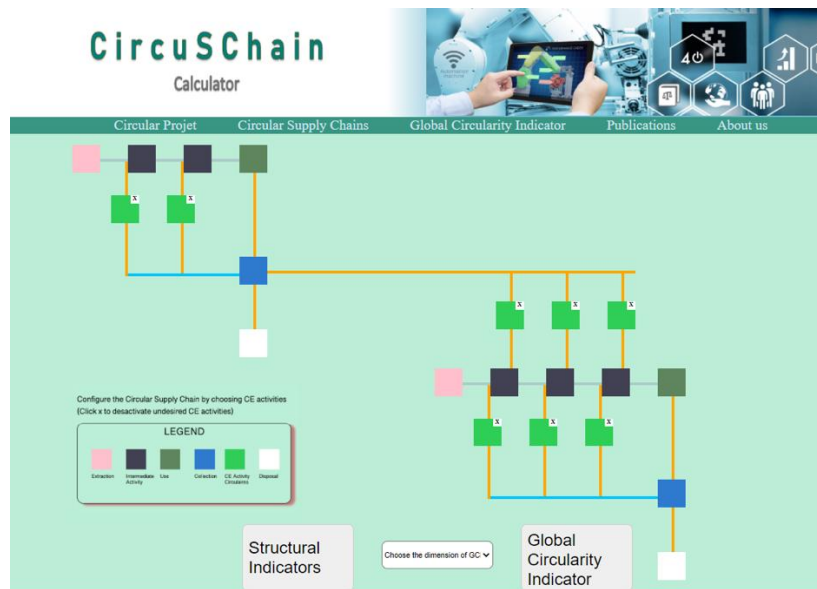


Figure 5. Interface de l'outil CircuSChain Calculator [KUR 21a]

3.4. Le jeu sérieux CircuSChain Game

Afin de surmonter les défis liés au manque de connaissance et de sensibilisation sur la circularité dans les chaînes logistiques, un jeu sérieux appelé CircuSChain Game a été développé [KUR 22] en format « Jeu de société » (règles du jeu et mode d'emploi disponibles dans [KUR 21a]). Ce jeu est basé sur le célèbre Beer Distribution Game [STE 09] et inspiré d'autres jeux sérieux dans le domaine du génie industriel [MAD 17]. Des concepts liés à la circularité tels que la réutilisation, la remise à neuf, la remanufacturation et les activités de recyclage dans des boucles fermées et ouvertes, ainsi que les émissions de CO₂ et la rareté des matériaux, sont pris en compte.

Le jeu CircuSChain Game est conçu comme un jeu d'équipe collaboratif. Chaque équipe a un objectif global multicritère : minimiser les impacts environnementaux (émissions de CO₂, ressources naturelles extraites et produits jetés), et réaliser un profit économique (satisfaction des commandes et minimisation des coûts). En plus des indicateurs classiques de performance d'une chaîne logistique, l'indicateur de circularité présenté en section 3.3. est utilisé pour mesurer la performance globale. D'autres taux de circularité peuvent également être utilisés tels que celui proposé par [CUL 17].

Chaque joueur a pour objectif de gérer l'entité qui le concerne : Part Manufacturing, Module Manufacturing... A chaque période, chacun doit décider la quantité à commander à son (ses) fournisseur(s) direct(s). L'objectif n'étant pas de présenter l'effet « coup de fouet », les joueurs ont la visibilité complète de la situation. A la différence du jeu originel [STE 09], la limitation des ressources planétaires est modélisée par la disponibilité des produits en amont de la chaîne par un lancé de dés (figure 6). Le joueur « Part Manufacturing » ne pourra donc pas extraire et transformer plus que la valeur du dé. Au bout de 6 périodes, le jeu est arrêté par l'animateur. Une fois que les membres de l'équipe ont analysé le déroulement du jeu et la performance de leur chaîne logistique, l'animateur présente les différentes activités possibles dans une chaîne logistique circulaire (figure 7). L'équipe va alors, de manière collégiale et en fonction des profits réalisés, décider de la mise en place d'une ou plusieurs activités circulaires. Une nouvelle série de 6 périodes est alors relancée, suivie d'une nouvelle analyse et d'une nouvelle décision d'intégration d'activité circulaire. En tout, 3 séries de 6 périodes sont réalisées.

Le jeu a été expérimenté sur des étudiants d'une école d'ingénieur en génie industriel en spécialité chaîne logistique. 42 étudiants ont ainsi participé au jeu sur une durée de 3h. Une enquête anonyme a été réalisée avant et après le jeu. L'objectif était de vérifier l'acquisition de connaissances grâce au jeu et l'intérêt des participants à avoir fait le jeu.

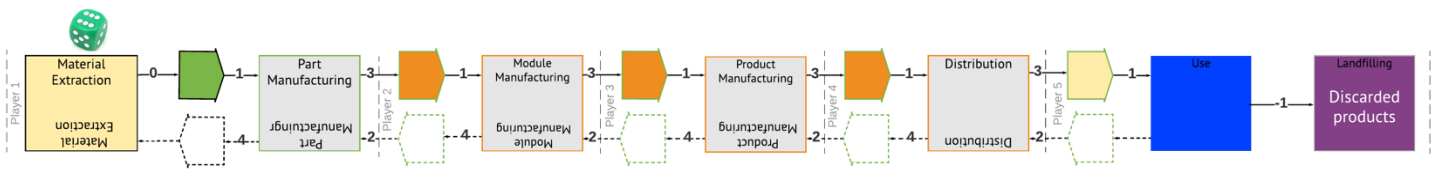


Figure 6. Tableau de jeu CircuSChain Game pour le 1^{er} tour (chaîne logistique linéaire)

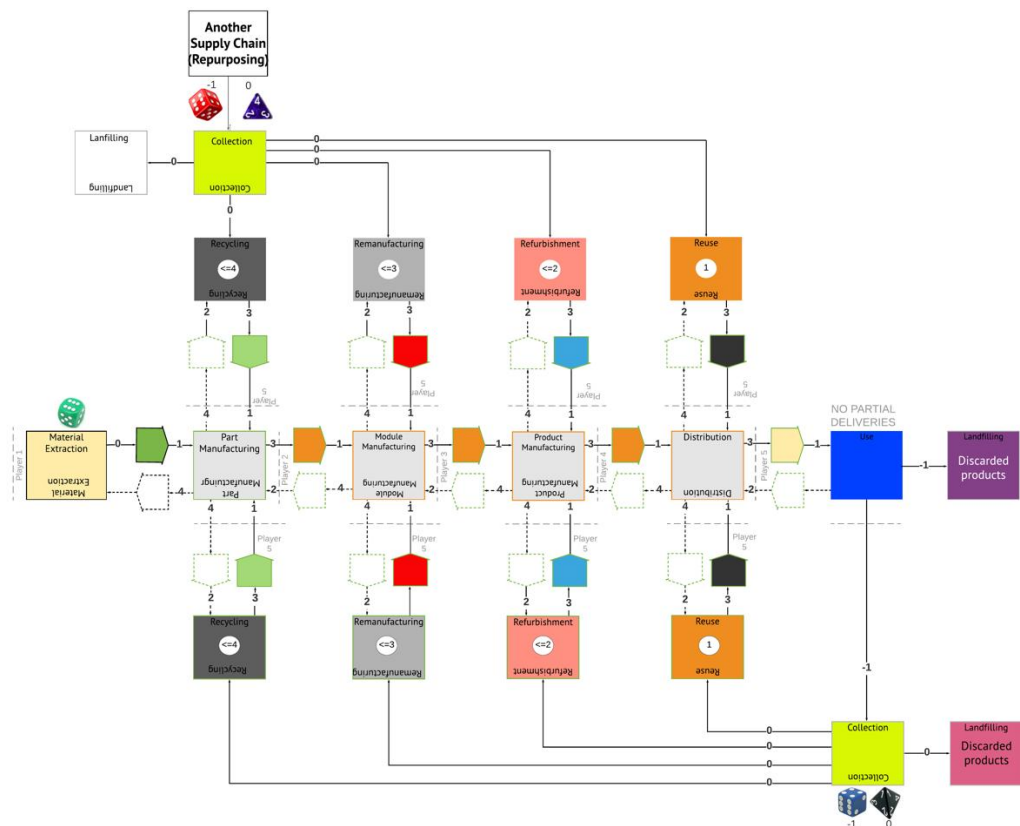


Figure 7. Tableau de jeu CircuSChain Game complet

4. La méthode CircuSChain

La méthode CircuSChain vise à faire évoluer une chaîne logistique afin de la rendre plus circulaire. Cette méthode est une méthode participative d'évolution continue, que les acteurs de la chaîne logistique vont pouvoir dérouler eux-mêmes avec l'aide d'un animateur, pour proposer des améliorations de la chaîne logistique. Elle orchestre les différents outils présentés précédemment dans des stratégies intentionnelles supportées par des protocoles à destination des animateurs et des participants à la méthode. La figure 8 présente une vue globale de la méthode CircuSChain sous la forme d'une représentation BPMN plus classique et opérationnelle, montrant l'enchaînement des principales étapes de la méthode.

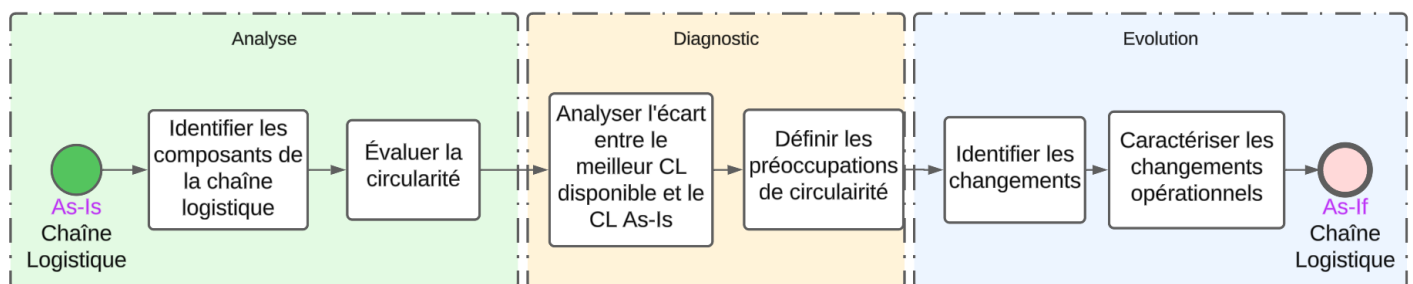


Figure 8. Vue globale des principales activités de la méthode CircuSChain

Dans cette section, l'utilisation de la méthode est illustrée sur une chaîne logistique dans le domaine du textile.

4.1. Vue générale

Comme mentionné précédemment, la méthode CircuSChain est basée sur le framework de méthodes d'évolution continue As-Is/As-If que nous avons proposé dans de précédents travaux [CEL 19]. Ce framework est composé d'un modèle de processus exprimé avec le formalisme intentionnel MAP [ROL 99] et d'un méta-modèle de produit formalisé en UML. Les modèles MAP sont des graphes orientés avec des nœuds représentant des intentions et des arcs capturant des stratégies pour atteindre ces buts. En tant qu'adaptation du framework As-Is/As-If, la méthode CircuSChain est également composée d'un modèle de processus et d'un méta-modèle de produit (figure 10). Il s'agit d'une méthode participative impliquant les acteurs d'une chaîne logistique afin d'améliorer la circularité de la chaîne logistique. Les stratégies de la méthode sont décrites à travers des protocoles (fournis en annexe) et mises en œuvre à travers des séances animées par un animateur avec la participation des acteurs. Des guides d'entretien sont disponibles pour l'animateur, ils sont constitués de questions à poser aux participants pour leur permettre de s'exprimer sur les différents éléments à identifier dans chaque stratégie.

La méthode CircuSChain vise à faire évoluer une chaîne logistique appelée « As-Is Supply Chain », en une ou plusieurs chaînes logistiques plus circulaires, appelées « As-If Supply Chains ». La chaîne logistique « As-Is » peut être soit une chaîne logistique linéaire dans laquelle l'objectif est d'intégrer la circularité, soit une chaîne logistique circulaire dans laquelle l'objectif est d'améliorer la circularité. Par conséquent, le modèle de processus est composé de deux intentions « Characterize As-Is Supply Chain » et « Imagine As-If Supply Chain ». La stratégie d'analyse vise à identifier les composants de la chaîne logistique « As-Is Supply Chain » et à mesurer sa circularité. La stratégie de diagnostic vise à diagnostiquer la chaîne logistique afin de définir des objectifs et des contraintes pour améliorer sa circularité. La stratégie d'évolution vise à faire évoluer la chaîne logistique en une ou plusieurs autres chaînes logistiques plus circulaires appelées « As-If Supply Chains ».

Concernant le méta-modèle de produit, le package principal contient la méta-classe Supply Chain (SC) et ses deux sous-classes : As-Is Supply Chain et As-If Supply Chain. Le package d'analyse est composé de deux méta-classes : Component et Circularity Indicator. La méta-classe Component est ensuite spécialisée selon le modèle générique présenté en section 3. Dans le package de diagnostic, la notion de « Best Available Supply Chain » est introduite afin de diagnostiquer une chaîne logistique par rapport au cas idéal de chaîne logistique circulaire dans le même domaine. Ainsi lors du diagnostic, des écarts entre la chaîne logistique « As-Is » et le cas idéal peuvent être détectés ; améliorer la circularité d'une chaîne logistique consistera ainsi à essayer de réduire ces écarts par rapport au cas idéal dans le même domaine. Enfin, dans le package d'évolution, une chaîne logistique « As-Is » pourrait évoluer vers une chaîne logistique « As-If ». La méta-classe Change représente les changements nécessaires pour atteindre une chaîne logistique plus circulaire. Un changement est modélisé industriellement par des changements opérationnels et est évalué afin de déterminer si le problème associé est résolu.

4.2. Stratégie d'analyse

La stratégie d'analyse « *by analysis strategy* » vise à caractériser la chaîne logistique actuelle «As-Is». Dans cette stratégie (cf. figure 9), les deux intentions principales permettent d'identifier les composants de la chaîne logistique actuelle et de mesurer sa circularité. La figure 9 détaille également le raffinement de la stratégie « *by specification strategy* ». Dans le méta-modèle intentionnel MAP, le raffinement d'une stratégie consiste à préciser dans une sous-map des intentions et stratégies plus précises, avec comme intention de départ *Start* et comme intention de fin *Stop*.

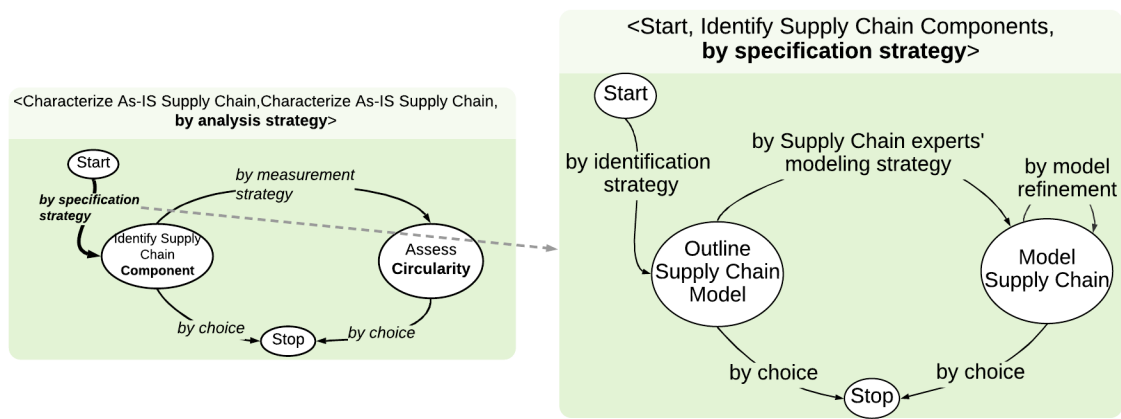


Figure 9. Stratégie « *by analysis strategy* » et raffinement de « *by specification strategy* »

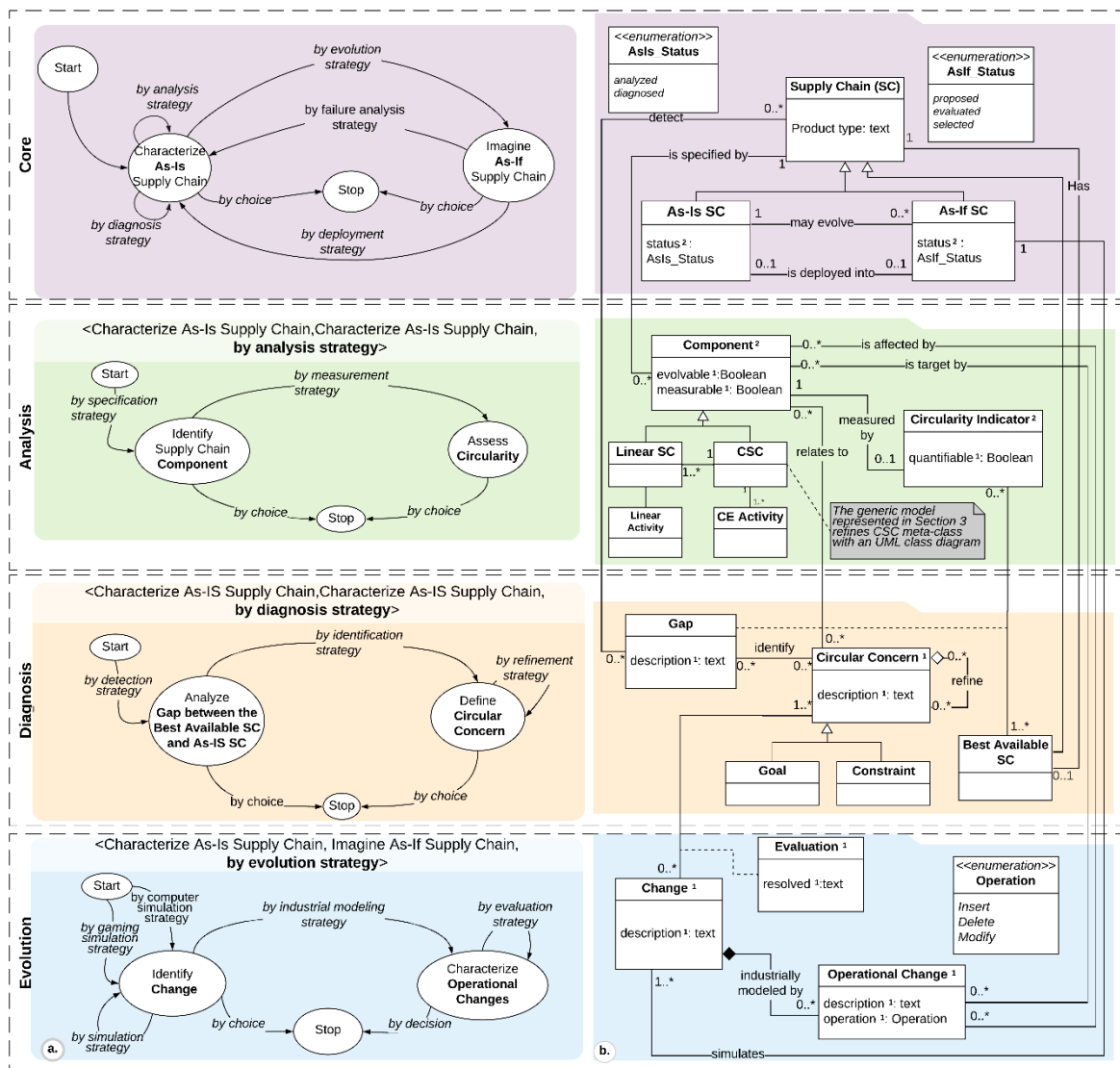


Figure 10. Modèle de processus (a) et méta-modèle de produit (b) de la méthode CircuSChain

4.2.1. <Start, Identify Supply Chain Components, by specification strategy>

La stratégie « *By specification strategy* » permet d'identifier les composants de la chaîne logistique, plus précisément les activités et flux (tels que présents dans le modèle générique) ainsi que les acteurs et le type de produit concerné. CircuSChain étant une méthode participative, l'identification des acteurs est essentielle. De plus, le type de produit qui définit la granularité de la chaîne logistique, aide l'animateur à modéliser la chaîne logistique correctement.

La partie droite de la figure 8 montre que la stratégie « *By specification strategy* » commence par la description du modèle de chaîne logistique « *By identification strategy* ». Puis, la chaîne logistique est modélisée de façon participative par des experts de la chaîne logistique (stratégie « *By Supply Chain experts' modeling strategy* ») en utilisant le modèle générique de chaîne logistique. Le modèle obtenu pourra ensuite être amélioré et raffiné autant que nécessaire par la stratégie « *By model refinement* ».

< *Start, Outline Supply Chain Model, by identification strategy* >

La stratégie d'identification est détaillée par le Protocole 1 (cf. tableau 2). Il s'agit d'un entretien téléphonique entre l'animateur et le gestionnaire de la chaîne logistique.

Le modèle générique de chaîne logistique proposé en section 3 est utilisé dans cette stratégie. En se basant sur ce modèle, l'animateur demande au gestionnaire de la chaîne logistique d'indiquer les principales activités de sa chaîne logistique, ses fournisseurs ainsi que ses clients. Les autres acteurs impliqués sont également identifiés pour pouvoir être interviewés par la suite. Les relations entre les acteurs donnent également un aperçu de la nécessité ou non de la participation des acteurs aux prochaines sessions de la méthode participative. Par exemple, la présence d'un sous-traitant peut ne pas être requise.

Au cours des entretiens, l'animateur décrit étape par étape le modèle de chaîne logistique et construit le modèle SC V0 (modèle V0 de la chaîne logistique). La figure 11 montre un exemple de construction du modèle SC V0 étape par étape après chaque interview dans le domaine du textile. Ici, lors de l'entretien avec le fabricant A, l'animateur décrit une partie de la chaîne logistique circulaire et identifie d'autres acteurs : le fabricant A et le fabricant B qui produisent des tissus. Après avoir interrogé le fabricant B, d'autres activités et acteurs sont ajoutés. Enfin, après trois entretiens, le modèle SC V0 est développé.

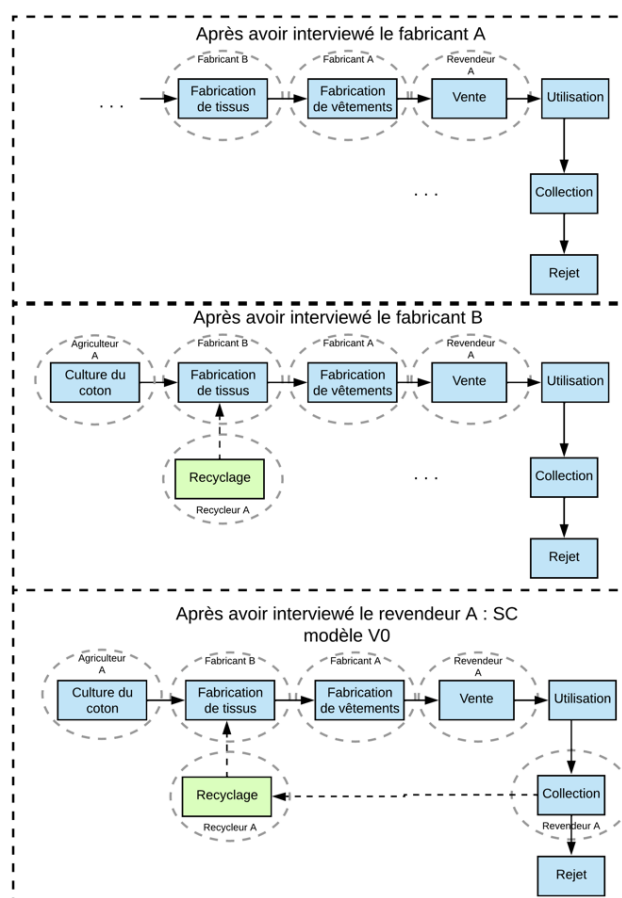


Figure 11. Construction progressive du modèle SC V0

< Outline Supply Chain Model, Model Supply Chain, by expert modeling strategy >

Dans cette stratégie, les experts de la chaîne logistique identifiés pendant les entretiens précédents sont invités dans le cadre d'un focus group, à utiliser le modèle SC V0 de la chaîne logistique pour décomposer les activités de la chaîne logistique selon la modularité du produit. Cette stratégie est détaillée par le Protocole 2 donné en annexe. Grâce aux questions posées par l'animateur, le modèle SC V1, correspondant au modèle de la chaîne logistique « As-Is » est construit en modifiant le modèle SC V0 (cf. figure 12). Par exemple, le modèle SC V0 de la figure 11 ne représente pas suffisamment la modularité des activités de production. La stratégie « *by expert modeling strategy* » permettra de décomposer plus précisément ces activités en ajoutant l'activité de production de la fibre.

Protocole		Protocole 1 : < Start, Outline Supply Chain Model, by identification strategy >		
Type de Session		Entretiens par téléphone		
Participants		Gestionnaire et acteurs de la chaîne logistique		
N°	Etape	Description	Rôle des participants	Supports
1	Présentation du modèle générique (10 min)	L'animateur présente les principaux concepts du modèle générique de chaîne logistique	Passif	Modèle générique de chaîne logistique
2	Spécification du produit (30 min)	L'animateur demande aux participants de caractériser le produit concerné.	Actif/ Individuel	Guide d'entretien : question <ul style="list-style-type: none"> • <i>Quel est le produit concerné par la chaîne logistique que vous souhaitez améliorer ?</i>
3	Détermination des activités principales (20 min)	L'animateur demande aux participants de déterminer les principales activités composant la chaîne logistique à améliorer.	Actif/ Individuel	Modèle générique de chaîne logistique Guide d'entretien : questions <ul style="list-style-type: none"> • <i>Quelles sont les principales activités que vous souhaiteriez gérer sur le modèle générique ?</i> • <i>Quelle est votre position dans la chaîne logistique ?</i>
4	Détermination des acteurs (30 min)	L'animateur demande aux participants de déterminer les acteurs qui gèrent les activités principales et leurs relations. Grâce à ces entretiens, l'animateur construit le modèle SC V0.	Actif/ Individuel	Modèle générique de chaîne logistique Guide d'entretien : questions : <ul style="list-style-type: none"> • <i>Avec quels fournisseurs, clients, sous-traitants travaillez-vous ?</i> • <i>Quel type de relation entretenez-vous avec chacun ?</i>

Tableau 2. Protocole 1 : < Start, Outline Supply Chain Model, by identification strategy >

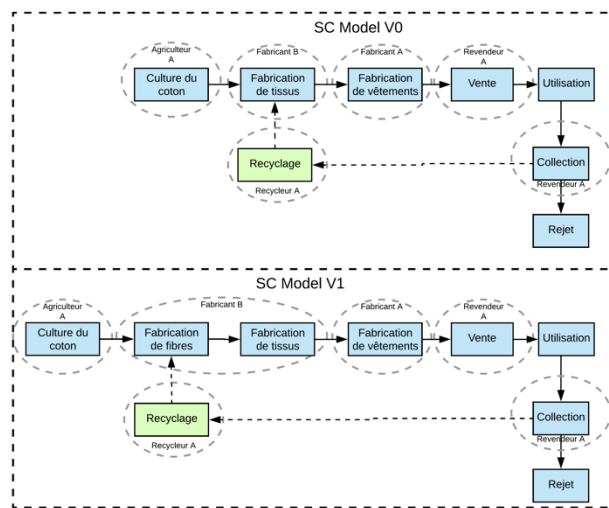


Figure 12. Construction du modèle de la chaîne logistique « SC As-Is » par les experts

4.2.2. <Identify Supply Chain Components, Assess Circularity, by measurement strategy>

La figure 13 montre le raffinement de la section « *Identify Supply Chain Component, by measurement strategy, Assess Circularity* ». Ici, l'objectif est d'évaluer la circularité de la chaîne logistique actuelle, en commençant par identifier les composants de la chaîne logistique actuelle, puis en choisissant les indicateurs de circularité à améliorer, et enfin en calculant la circularité de la chaîne logistique actuelle selon les indicateurs retenus.

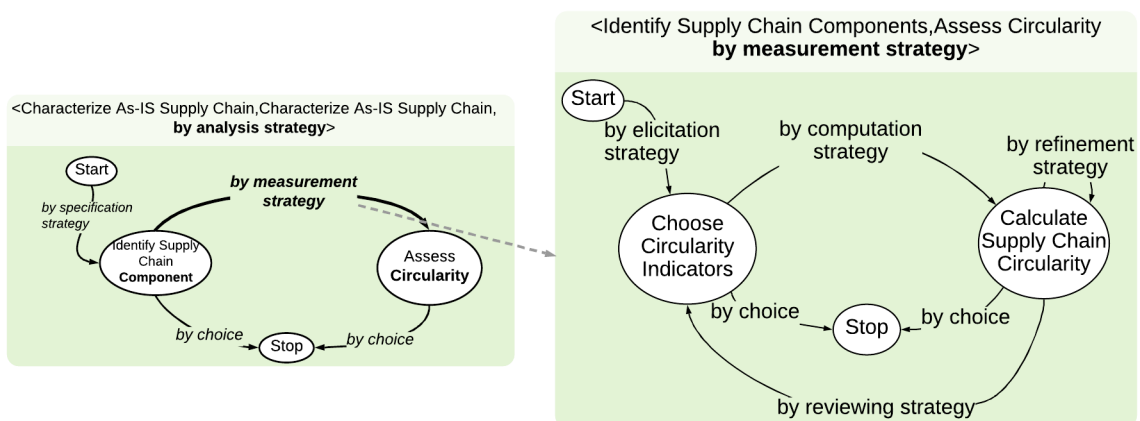


Figure 13. Raffinement de « by measurement strategy »

< Start, Choose Circularity Indicators, by elicitation strategy >

La stratégie d'élicitation est détaillée dans le Protocole 3 donné en annexe. L'objectif est de sélectionner les dimensions de circularité qui permettront d'évaluer la chaîne logistique. Ces dimensions sont choisies par les participants à partir de l'outil de classification des indicateurs présenté en section 3. L'animateur explique aux participants quelques informations sur les indicateurs liés aux dimensions choisies, par exemple le type de l'indicateur (quantitatif/qualitatif). Pour ce faire, l'animateur peut également utiliser des taxonomies reconnues dans le domaine telles que la taxonomie proposée par [SAI 19]. Les participants sont finalement invités à sélectionner des indicateurs et à discuter de la façon de recueillir les données requises pour certains indicateurs.

< Choose Circularity Indicators, Calculate Supply Chain circularity, by computation strategy >

Dans cette stratégie, les indicateurs sélectionnés par la stratégie d'élicitation sont calculés pour indiquer la circularité du modèle de la chaîne logistique « As-Is ». Dans cette stratégie, le calculateur CircuSChain associé à l'indicateur de circularité est utilisé. La stratégie est expliquée dans le Protocole 4 donné en annexe que seul l'animateur met en œuvre (la participation des acteurs de la chaîne logistique n'est pas requise si les données requises ont été envoyées préalablement à l'animateur).

La figure 14 représente un exemple de données collectées sur le modèle « As-Is », où nous supposons que les participants ont choisi comme indicateur de circularité la mesure de la pollution. Nous pouvons ainsi mesurer la réduction de pollution si l'activité de recyclage est par exemple mobilisée.

Dans la figure 15, l'équation K_3^{11} exprime le coefficient de circularité lié au recyclage (type d'activité 3) des produits sur la même chaîne logistique pour fabriquer les mêmes produits (produits 1 à produits 11). La valeur 0,04 obtenue du coefficient de circularité K_3^{11} représente la réduction de pollution par unité de produit fabriqué en utilisant les matériaux issus du recyclage plutôt que ceux issus de l'extraction. L'animateur calcule alors la circularité de la chaîne logistique « As-Is » selon ce coefficient avec la quantité du flux de produits usagés collectés (150 unités) qui sont alors soumis au recyclage (100 unités) ou au rebut (50 unités). On constate que la circularité globale induite par l'activité de recyclage des produits usagés sur la même chaîne logistique est actuellement calculée à 0,03 pour 100 produits recyclés sur les 150 produits collectés.

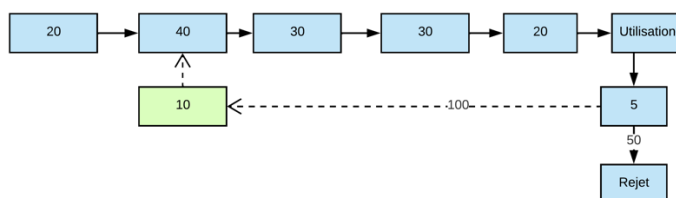


Figure 14. Exemple de données collectées sur le modèle « SC As-Is »

$$K_3^{11} = \frac{20 + 40 + 30 + 30 + 20 - (5 + 10 + 40 + 30 + 30 + 20)}{20 + 40 + 30 + 30 + 20} = 0.04$$

$$GCI = \frac{0.04 * 100}{100 + 50} = 0.03$$

Figure 15. Exemple de calcul de l'indicateur de circularité sur le modèle « SC As-Is »

4.3. Stratégie de diagnostic

La stratégie de diagnostic « *by diagnosis strategy* » vise à diagnostiquer la chaîne logistique actuelle en tenant compte de son écart en terme de mesure de circularité, avec un « cas idéal » de chaîne logistique selon le domaine et le type de produit concerné.

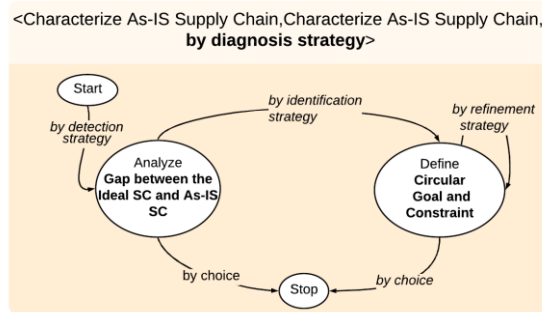


Figure 16. Stratégie « by diagnosis strategy »

4.3.1. < Start, Analyze Gap between the Ideal SC and the AS-IS SC, by detection strategy >

La stratégie de détection est détaillée dans le Protocole 5 (cf. Tableau 3). Elle vise plus particulièrement à analyser l'écart entre la chaîne logistique « As-Is » et la chaîne logistique idéale pour le même type de produit.

En effet, la structure d'une chaîne logistique et sa circularité peuvent varier considérablement selon le type de produit. Certaines activités circulaires ne sont pas applicables à tous les types de produits (par exemple, certains vêtements ne peuvent pas être reconditionnés). Le cas idéal de chaîne logistique contient toutes les activités circulaires possibles pour le type de produit donné. Il est identifié grâce à la littérature et les caractéristiques de la chaîne logistique (type de produit et choix des indicateurs de circularité à améliorer). La figure 17 montre un exemple de modèle du cas idéal de chaîne logistique dans le domaine textile. Dans ce cas idéal, différentes activités circulaires sont possibles pour les vêtements : réutilisation en boucle fermée (redistribution des vêtements via des friperies), réutilisation en boucle ouverte (réutilisation pour la fabrication d'autres types de produits tels que des matériaux d'isolation), réutilisation en boucle fermée et en boucle ouverte... La chaîne logistique linéaire pour les matériaux d'isolation est basée sur les travaux de [PAV 18]. Les produits qui ne peuvent pas être réutilisés ou recyclés peuvent être utilisés pour produire de l'énergie. En complément du modèle du cas idéal, l'indicateur de circularité du cas idéal est calculé [KUR 21a] afin de pouvoir lui comparer l'indicateur de circularité du modèle « SC As-Is ».

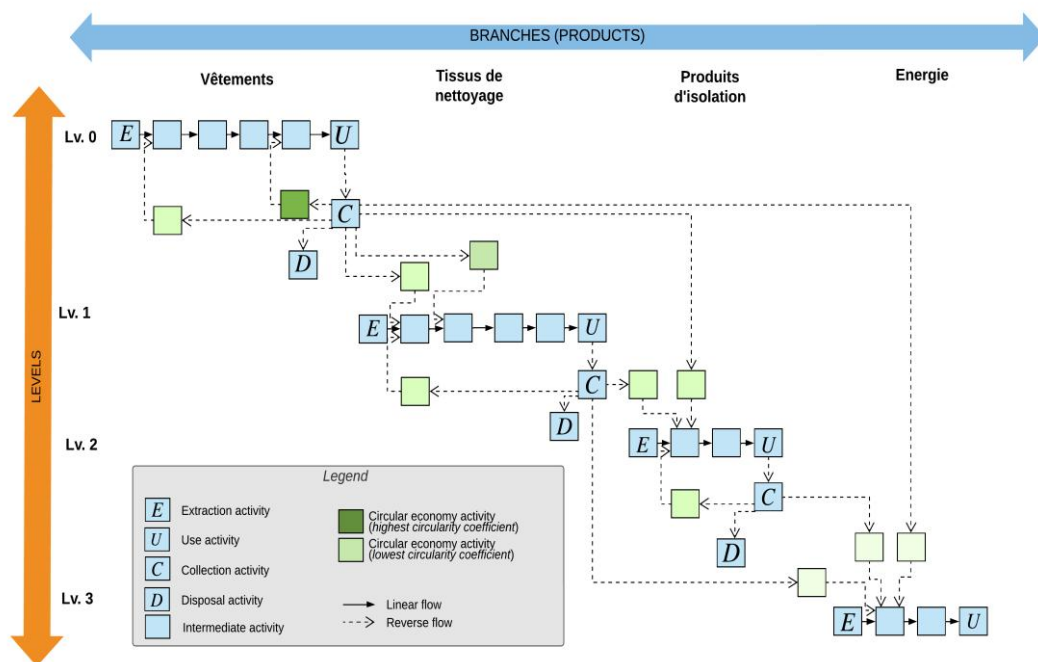


Figure 17. Exemple de chaîne logistique idéale dans le domaine Textile

4.3.2. < Analyze Gap between Best Available SC and As-Is SC, Define Circular Goal and Constraint, by identification strategy >

Après analyse de l'écart entre la chaîne logistique idéale et la chaîne logistique As-Is, les participants sont invités à discuter de leurs objectifs d'amélioration de la circularité de la chaîne logistique et de leurs contraintes dans le cadre d'une séance de focus-group. Les étapes de ce focus-group sont détaillées dans le protocole 6 donné en annexe. Des exemples de contraintes et objectifs identifiés pour le cas textile sont donnés dans la figure 18. Dans cet exemple, les nouvelles activités en boucle ouverte qui existent dans le cas idéal de chaîne logistique nécessitent une collaboration avec de nouveaux acteurs. Par conséquent, le manque d'acteurs pourrait être une contrainte. L'objectif de circularité à atteindre est défini en tenant compte de ces contraintes et des écarts avec le cas idéal, il peut donc être inférieur au cas idéal selon les contraintes et les indicateurs de circularité choisis.



Figure 18. Exemples de contraintes et objectifs identifiés pour le cas Textile

4.4. Stratégie d'évolution

La stratégie d'évolution « *by evolution strategy* » vise à imaginer une ou plusieurs chaînes logistiques « As-If », c'est-à-dire des chaînes logistiques plus circulaires. Elle se compose de deux intentions : « *Identify Change* » et « *Characterize Operational Changes* » (cf. figure 19).

Pour atteindre l'intention « *Identify Change* », deux stratégies principales sont proposées, qui peuvent être exécutées indépendamment ou en parallèle pour identifier les changements qui aideraient à atteindre les objectifs de circularité précédemment déterminés : la stratégie « *by gaming simulation strategy* » utilise le jeu sérieux CircuSChain Game présenté en section 3, alors que la stratégie « *by computer simulation strategy* » utilise un logiciel de simulation. Grâce au jeu sérieux CircuSChain Game, les participants sont embarqués dans une « mise à l'essai participative » de la solution proposée alors que l'utilisation d'un outil de simulation est moins participatif, mais permet un paramétrage et une simulation plus précis de la chaîne logistique.

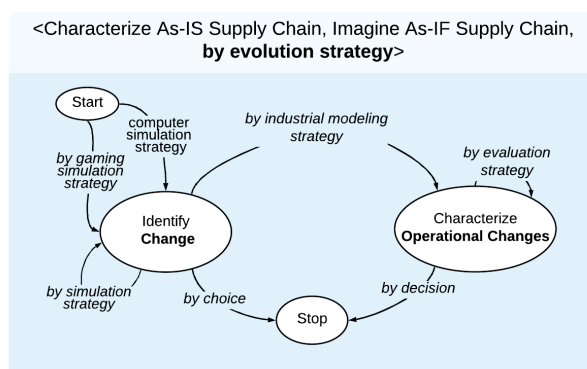


Figure 19. Stratégie « *by evolution strategy* »

Protocole		Protocole 5 : < Start, Analyze Gap between the Ideal SC and the As-Is SC, by detection strategy>		
Type de Session		Focus Group		
Participants		Gestionnaire et acteurs de la chaîne logistique		
N°	Etape	Description	Rôle des participants	Supports
1	Collecte des données (au préalable)	L'animateur collecte les données sur le cas idéal de chaîne logistique du produit concerné à partir de la littérature ou des experts de la chaîne logistique.		Calculateur CircuSChain Modèle SC V1 Revue de littérature
2	Modélisation du cas idéal de chaîne logistique et calcul des indicateurs liés (au préalable)	L'animateur modélise le cas idéal de chaîne logistique pour le type de produit concerné (ce modèle est appelé SC VIdéal) grâce au modèle générique de chaîne logistique. Il calcule également les indicateurs de circularité liés à ce cas idéal, grâce au calculateur CircuSChain.		Modèle générique de chaîne logistique Calculateur CircuSChain
3	Rappel des spécifications du type produit et présentation du cas idéal de chaîne logistique (10 min)	L'animateur explique le cas idéal de chaîne logistique modélisé pour le produit concerné, ainsi que l'indicateur de circularité associé à ce cas idéal.	Passif	Slides de présentation Modèle SC VIdéal Indicateur de circularité de SC VIdéal
4	Rappel du modèle SC V0 et de l'indicateur de circularité associé (10 min)	L'animateur rappelle le modèle de la chaîne logistique As-Is (modèle SC V1 et indicateur de circularité associé).	Passif	Slides de présentation Modèle SC V1 Indicateur de circularité de SC V1
5	Analyse de l'écart (20 min)	L'animateur initie une discussion de comparaison entre la chaîne logistique As-Is et la chaîne logistique idéale.	Actif/ Collectif	Outil de classification Post-its Guide d'entretien : questions • <i>Quelles sont les différences significatives entre les 2 chaînes logistiques ?</i> • <i>Quelles sont les dimensions de circularité associées à ces différences ?</i>

Tableau 3. Protocole 5 < Start, Analyze Gap between the Ideal SC and the As-Is SC, by detection strategy>

4.4.1. < Start, Identify changes, by gaming simulation strategy>

Dans cette stratégie, les changements proposés sont simulés à l'aide du jeu sérieux CircuSChain Game présenté en section 3 [KUR 22] et de cartes de stratégies (figure 20) exprimant les activités d'économie circulaires dans lesquelles les participants souhaitent investir. Ces cartes montrent des informations sur les activités d'économies circulaires, telles que le coût d'investissement, la réduction potentielle de l'empreinte carbone... Le protocole détaillé est présenté en annexe (protocole 7). Il inclut des étapes itératives qui permettent de modifier la structure de la chaîne logistique pour atteindre l'objectif d'amélioration de la circularité défini lors de la stratégie de diagnostic.

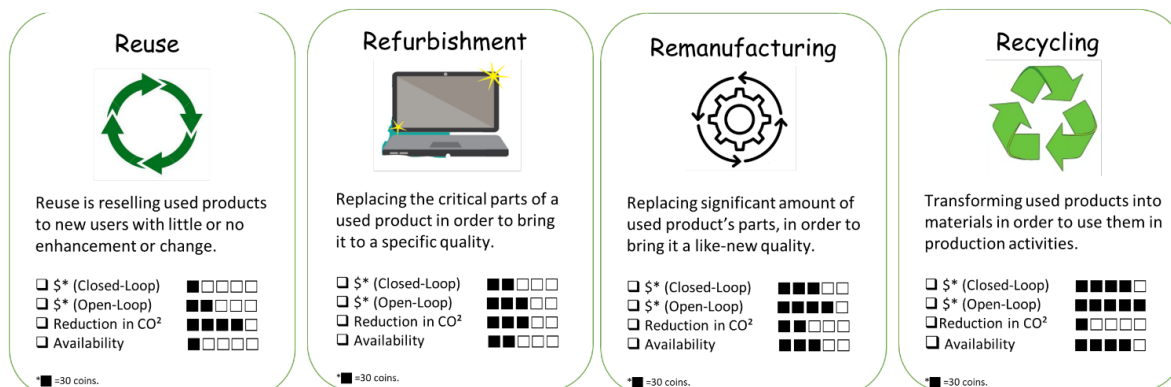


Figure 20. Cartes de stratégie

Un exemple de stratégie de simulation par le jeu sérieux CircuSChain Game est donné à la figure 21.



Figure 21. Exemple d'utilisation du jeu CircuSChain Game lors de la stratégie « by gaming simulation strategy »

Dans l'exemple du domaine textile, nous supposons que les participants identifient les changements en tenant compte du cas idéal de chaîne logistique et des objectifs et des contraintes identifiés à la figure 18, et proposent la chaîne logistique « As-If » telle que représentée en figure 22. Dans ce modèle, à cause des contraintes spécifiées, l'activité de réutilisation en boucle fermée et l'intégration de matériaux d'isolation n'ont pas pu être envisagées. Malgré tout, la circularité est calculée à 0,053, ce qui est mieux que la circularité de la chaîne logistique « As-Is » calculée à 0,03 lors de la stratégie d'analyse.

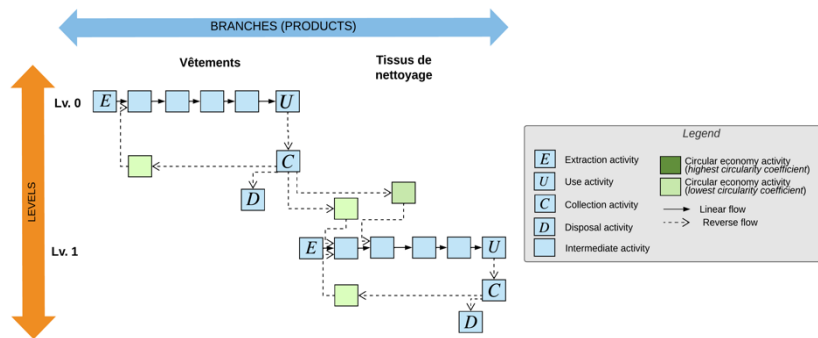


Figure 22. *Un exemple de chaîne logistique « As-If » pour le domaine Textile*

4.4.2. <Start, Identify changes, by computer simulation strategy >

La stratégie « by computer simulation strategy » a un objectif similaire à la stratégie « by gaming simulation strategy », mais en utilisant un outil de simulation pour prédire l'évolution des indicateurs sélectionnés. Les cartes de stratégie du Serious Game CircuSChain sont utilisées dans cette stratégie pour permettre aux participants de déterminer les activités d'économie circulaire à intégrer à la chaîne logistique. Le protocole lié à cette stratégie est détaillé en annexe (protocole 8).

4.4.3. < Identify changes, by industrial modeling strategy, Characterize Operational Changes >

Enfin, la stratégie « by industrial modeling strategy » vise à utiliser un outil de simulation industriel pour caractériser les changements opérationnels qu'il sera nécessaire de réaliser si on décide de déployer les changements dans la nouvelle chaîne logistique « As-If ». Cette stratégie n'est pas finalisée pour l'instant, elle consistera par exemple à utiliser le modèle SCOR pour s'intéresser plus particulièrement aux acteurs impliqués dans les changements.

5. Discussion

La méthode CircuSChain est une méthode participative qui vise à aider les acteurs d'une chaîne logistique à transformer une chaîne logistique linéaire en chaîne logistique circulaire, ou à améliorer la circularité d'une chaîne logistique de manière continue. Elle orchestre différents outils proposés dans des travaux précédents : 1) dans la stratégie d'analyse, un modèle générique est utilisé pour analyser la circularité de la chaîne logistique, 2) dans la stratégie de diagnostic, un outil de classification des indicateurs permet de choisir les dimensions de circularité à prendre en compte et un nouvel indicateur de circularité est utilisé pour diagnostiquer la chaîne logistique par rapport au cas idéal de chaîne logistique ; 3) dans la stratégie d'évolution, le jeu sérieux CircuSChain Game aide les acteurs à imaginer des scénarios possibles de chaînes logistiques plus circulaires.

Les outils utilisés par la méthode ont été validés indépendamment par des publications ou une validation utilisateur. Par exemple, le jeu sérieux CircuSChain Game [KUR 22] a été évalué lors d'expérimentations avec des étudiants pour observer la valeur éducative, le rythme, la valeur ludique et la simplicité du jeu. De plus, la méthode CircuSChain est une adaptation du framework As-Is/As-If [CEL 19] qui avait déjà été utilisé pour proposer des méthodes d'évolution continue dans deux types de systèmes différents : les écosystèmes (méthode ADInnov [COR 16]) et les processus métiers (méthode CEFOP [CEL 19]). Ces différents cas d'utilisation du framework As-Is/As-If nous permettent de légitimer le fait que la méthode CircuSChain propose des techniques participatives et ludiques pour impliquer les acteurs dans l'évolution continue d'un système, ici une chaîne logistique circulaire. Néanmoins, la méthode CircuSChain en est à sa première version et nécessite une utilisation dans des cas industriels réels de chaînes logistiques pour être améliorée et validée. L'un des objectifs de nos travaux futurs consistera en effet à la mise à l'épreuve de cette méthode et des outils associés auprès d'une entreprise industrielle spécialisée dans la fabrication de batteries, notamment batteries de voitures électriques.

Comme précisé, la méthode orchestre différents outils spécifiques proposés indépendamment dans des travaux précédents pour améliorer la circularité d'une chaîne logistique. Sa formalisation sous forme d'un modèle de processus intentionnel permet de la percevoir comme une sorte de « boîte à outils » qu'il est possible de compléter avec d'autres outils ou fragments de méthodes plus génériques et moins spécifiques aux chaînes logistiques circulaires : par exemple, des méthodes de créativité telles que la méthode TRIZ [SER 11] pourraient tout à fait être utilisées dans la stratégie d'évolution pour imaginer comment faire évoluer la chaîne logistique pour la rendre plus circulaire.

Enfin, la méthode CircuSChain présente également d'autres limitations que nous pourrions envisager également de traiter grâce à l'apport de cas industriels réels. Notamment, la notion du modèle économique lié à l'introduction de la circularité dans des chaînes logistiques est cruciale, mais ne fait pas partie de nos travaux pour l'instant. En l'état actuel, la méthode ne prend pas en compte le coût modifications proposées pour améliorer la chaîne logistique. Cette préoccupation économique devra évidemment être intégrée dans la méthode pour permettre d'aboutir au meilleur compromis entre l'impact environnemental et l'impact financier engendré. La méthode devra être étendue avec l'introduction de modèles économiques et/ou de méthodes dédiées pour prendre en compte les coûts liés à l'introduction de l'économie circulaire dans les entreprises et les chaînes logistiques.

Du point de vue de l'ingénierie des méthodes, l'objectif de l'adaptation du framework As-Is/As-If à la méthode CircuSChain présentée dans cet article était d'évaluer davantage la généricité et l'extensibilité du framework et de le renforcer en le confrontant à un nouveau type de système évolutif : les chaînes logistiques circulaires.

Du point de vue extensibilité, l'adaptation du framework As-Is/As-If au domaine des chaînes logistiques circulaires nous a amené à prendre en compte la notion de « cas idéal » dans la stratégie de diagnostic, notion apparue comme très importante pour diagnostiquer la circularité de la chaîne logistique étudiée. Le concept de cas idéal de chaîne logistique a été ajouté au méta-modèle de produit de la méthode CircuSChain, et les intentions correspondantes ont été ajoutées au modèle de processus. Le framework As-Is/As-If a ainsi prouvé son extensibilité, nous permettant d'ajouter de nouvelles classes et associations dans le méta-modèle de produit et de nouvelles stratégies dans le modèle de processus. Cependant, du point de vue de l'ingénierie des méthodes, nous devons encore approfondir pour déterminer si cette notion de cas idéal est pertinente pour d'autres domaines et doit être inclus dans le framework As-Is/As-If lui-même. En particulier, nous devons étudier quelle est l'influence de la présentation d'un cas idéal sur les solutions proposées dans des focus group plus traditionnels dans lesquels cette notion n'est pas introduite. En effet, il est possible que la confrontation avec un cas idéal introduise des biais dans les idées générées par les participants, risquant ainsi de voir les propositions de valeur converger vers une forme de benchmarking, limitant ainsi la créativité des participants et la nouveauté des idées [KIM 15].

Du point de vue aide pour un ingénieur de méthodes, la confrontation du framework au nouveau domaine d'application des chaînes logistiques, montre que le framework est assez générique pour constituer une aide importante pour un ingénieur de méthodes souhaitant mettre en place une méthode d'évolution continue. Néanmoins, il nous apparaît désormais nécessaire de mieux guider un ingénieur de méthodes dans la construction et le suivi d'une méthode d'évolution continue basée sur le framework As-Is/As-If. L'outil LOMET basé sur une approche « low code » que nous développons actuellement [ARA 23] permettra ainsi à un ingénieur de méthodes d'être aidé pendant la construction d'une méthode d'évolution continue basée sur le framework As-Is/As-If, et de générer automatiquement un outil de suivi de l'exécution de la méthode. Dans le même ordre d'idées, nous souhaitons proposer une sorte de benchmark portant sur les liens qu'il est possible de faire entre le framework As-Is/As-If et d'autres méthodes ou outils de créativité ou de gestion de l'innovation. A titre d'exemple, l'introduction des contraintes dès la phase de Diagnostic qui semble nécessaire dans de nombreux domaines, en particulier le domaine des chaînes logistiques circulaires, est à mettre en exergue avec d'autres méthodes de créativité où il est recommandé de démarrer avec des contraintes minimales, ce qui permet d'obtenir un

résultat final davantage original avant d'ensuite rajouter les contraintes et voir comment les nouvelles idées peuvent être adaptées.

6. Conclusion

L'économie circulaire apparaît aujourd'hui comme une solution potentielle aux problèmes environnementaux, et les chaînes logistiques jouent un rôle essentiel dans son adoption auprès des industriels. Une transition réussie vers des chaînes logistiques circulaires nécessite une mesure continue de l'amélioration de leur circularité. Dans cet article, nous proposons la méthode participative CircuSChain permettant l'évolution continue des chaînes logistiques pour les rendre plus circulaires. Cette méthode est une adaptation du framework As-Is/As-If, qui facilite la construction d'une méthode d'évolution continue, jouant le rôle d'un template sur lequel une méthode cible peut s'appuyer. La méthode CircuSChain orchestre des outils intégrés dans une boîte à outils, tels qu'un modèle générique, un indicateur de circularité, un outil de classification des indicateurs et un jeu sérieux pour promouvoir les chaînes logistiques circulaires. Elle est formalisée sous la forme de maps intentionnelles et fournie avec des protocoles à destination des responsables des chaînes logistiques afin de les aider à transformer leurs chaînes logistiques linéaires en chaînes logistiques circulaires, puis à les faire évoluer vers davantage de circularité de manière continue.

Nous avons illustré l'utilisation de la méthode par un exemple du domaine du textile basé sur la littérature. Cependant, des exemples issus de différents secteurs et des cas industriels réels sont encore nécessaires pour évaluer et valider la méthode CircuSChain. Une validation de la méthode avec un acteur industriel spécialisé dans la fabrication de batteries est actuellement en cours, elle permettra d'appliquer la méthode à un secteur d'activité industriel très confronté à la nécessité de recourir aux principes de l'économie circulaire. De plus, du point de vue de l'ingénierie des méthodes, le framework As-Is/As-If a prouvé son adaptabilité pour un nouveau type de système évolutif : les chaînes logistiques. Néanmoins, il est désormais nécessaire de fournir des outils support à ce framework pour permettre à un ingénieur méthodes d'être guidé dans l'utilisation du framework lors de la construction d'une méthode d'évolution continue dans un domaine dédié. Nos perspectives en ce sens concernent le développement de l'outil LOMET basé sur une approche « low code » [ARA 23] et la proposition d'un benchmark de comparaison des stratégies participatives proposées dans le framework avec d'autres stratégies de créativité ou de brainstorming.

Remerciements

Cette recherche est soutenue par l'Agence Nationale de la Recherche dans le cadre du programme « Investissements d'avenir » (ANR-15-IDEX-02) à travers le Programme Transversal CIRCULAR et par la Région Auvergne Rhône Alpes dans le cadre du programme « R&D BOOSTER 2019 – Projet INROBOT ».

Bibliographie

- [AHI 13] AHI, P., SEARCY, C.: A comparative literature analysis of definitions for green and sustainable supply chain management. *Journal of Cleaner Production*. 52, 329–341, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.02.018>
- [ARA 23] ARAÚJO DE OLIVEIRA, CORTES-CORNAX, M., FRONT, A., R: Supporting Method Creation, Adaptation and Execution with a Low-code Approach. *BPMDS/EMMSAD@CAiSE*, 2023: 184-198.
- [ASC 24] ASCM, n.d. SCOR Model. URL <https://scor.ascm.org/processes/introduction> (accessed 1.25.24).
- [BLO 17] BLOMSMA, F., BRENNAN, G.: The Emergence of Circular Economy: A New Framing Around Prolonging Resource Productivity. *Journal of Industrial Ecology*. 21, 603–614, 2017. <https://doi.org/10.1111/jiec.12603>
- [BRE 19] BRESSANELLI, G., PERONA, M., SACCANI, N., 2019. Challenges in supply chain redesign for the Circular Economy: a literature review and a multiple case study. *International Journal of Production Research* 57, 7395–7422. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1542176>

- [CEL 17] CELA, O., FRONT, A., RIEU, D.: CEFOP: A method for the Continual Evolution of Organizational Processes. Proceedings - International Conference on Research Challenges in Information Science. 33–43, 2017. <https://doi.org/10.1109/RCIS.2017.7956515>
- [CEL 19] CELA, O., CORTES-CORNAX, M., FRONT, A., RIEU, D.: Methodological Framework to Guide the Development of Continual Evolution Methods. In: International Conference on Advanced Information Systems Engineering. pp. 48–63, 2019.
- [CEL 21] CELA, O.: A General Framework for the Continual Evolution Methods ; Adaptation to the Continual Evolution of Organization' s Business Processes PhD Thesis. HAL Id : tel-03346021, 2021.
- [COR 16] CORTES-CORNAX, M., FRONT, A., RIEU, D., VERDIER, C.: ADInnov: an Intentional Method to Instil Innovation in Socio-Technical Ecosystems. In: International Conference on Advanced Information Systems Engineering, 2016.
- [CUL 17] CULLEN, J.M., 2017. Circular economy: theoretical benchmark or perpetual motion machine?
- [DEE 18] DEEB, S., HAOUZI, H.B. EL, AUBRY, A., DASSISTI, M.: A generic framework to support the implementation of six sigma approach in SMEs. IFAC-PapersOnLine. 51, 921–926, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.490>
- [DEM 18] DEMING, W.E.: Out of the Crisis, reissue. MIT press, 2018.
- [EMF 13] ELLEN MACARTHUR FOUNDATION: Towards the Circular Economy, 2013.
- [EMF 14] ELLEN MACARTHUR FOUNDATION: Towards the Circular Economy Vol.3: Accelerating the scale-up across global supply chains, 2014.
- [FAR 19] FAROOQUE, M., ZHANG, A., THÜRER, M., QU, T., HUISINGH, D.: Circular supply chain management: A definition and structured literature review. Journal of Cleaner Production. 228, 882–900, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.303>
- [GEI 17] GEISSDOERFER, M., SAVAGET, P., BOCKEN, N.M.P., HULTINK, E.J.: The Circular Economy – A new sustainability paradigm? Journal of Cleaner Production. 143, 757–768, 2017. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
- [GEN 17] GENOVESE, A., ACQUAYE, A.A., FIGUEROA, A., KOH, S.C.L.: Sustainable supply chain management and the transition towards a circular economy: Evidence and some applications. Omega. 66, 344–357, 2017. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.omega.2015.05.015>
- [JAI 18] JAIN, S., JAIN, N.K., METRI, B.: Strategic framework towards measuring a circular supply chain management Sourabh. Benchmarking: An International Journal. 25, 3238–3252, 2018. https://doi.org/DOI_10.1108/BIJ-11-2017-0304
- [KIM 15] KIM, W.C, MAUBORGNE, R.: Blue Ocean Strategy, Harvard Business Scholl Publishing Corporation, 2015.
- [KUR 21a] KURT, A.: Models and Tools for the Design , Assessment , and Evolution of Circular Supply Chains, Thèse de doctorat en Génie Industriel de l'Université Grenoble Alpes, 2021. NNT : 2021GRALI112. tel-03615489
- [KUR 21b] KURT, A., CORTES-CORNAX, M., CUNG, V.-D., FRONT, A., MANGIONE, F.: A Classification Tool for Circular Supply Chain Indicators. In: Advances in Production Management Systems. pp. 644–653. Springer, 2021.
- [KUR 22] KURT, A., CORTES-CORNAX, M., CUNG, V.-D., MANGIONE, F., KADDOURI, S.: CircuSChain Game: A Serious Game to Explore Circular Supply Chains. In: Handbook of Research on Promoting Economic and Social Development Through Serious Games. pp. 395–419. IGI Global, 2022.
- [KUR 23] KURT, A., CORTES-CORNAX, M., CUNG, V.-D., MANGIONE, F., CircuSChain : une méthode pour améliorer la circularité dans les chaînes logistiques - Une adaptation du framework As-Is/As-If. In: Actes du Congrès INFORSID'2023, La Rochelle, 2023.
- [LAH 20] LAHANE, S., KANT, R., SHANKAR, R., 2020. Circular supply chain management: A state-of-art review and future opportunities. Journal of Cleaner Production 258, 120859.
- [LIM 22] DE LIMA, F.A., SEURING, S., SAUER, P.C., 2022. A systematic literature review exploring uncertainty management and sustainability outcomes in circular supply chains. International Journal of Production Research 60, 6013–6046. <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1976859>
- [MAD 17] MADANI, K., PIERCE, T.W., MIRCHI, A., 2017. Serious games on environmental management. Sustainable Cities and Society 29, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.11.007>
- [NOE 23] NOËL, L., PONSARD, C., 2017. Méthodologie de transition vers l'économie circulaire à l'aide d'un système d'information responsable. In: Actes du Congrès INFORSID'2023, La Rochelle, 2023.

- [PAV 18] PAVEL, C.C., BLAGOEVA, D.T.: Competitive landscape of the EU's insulation materials industry for energy-efficient buildings, 2018.
- [ROL 99] ROLLAND, C., PRAKASH, N., BENJAMEN, A.: A multi-model view of process modelling. *Requirements engineering*. 4, 169–187, 1999.
- [SAI 19] SAIDANI, M., YANNOU, B., LEROY, Y., CLUZEL, F., KENDALL, A. A taxonomy of circular economy indicators. *Journal of Cleaner Production*, 207, 542–559. 2019.
- [SER 11] SEREDINSKI, A., HATTE, F., JADAUD, D., TRIZ : les notions de base, *Revue Technologie* 172, 2011.
- [SHO 08] SHOOK, J.: *Managing to learn: using the A3 management process to solve problems, gain agreement, mentor and lead*. Lean Enterprise Institute, 2008.
- [STA 82] STAHEL, W.R.: The Product-Life Factor. In: Orr, S.G. (ed.) *An Inquiry Into the Nature of Sustainable Societies: The Role of the Private Sector*. NARC, 1982.
- [STA 10] STAHEL, W.R.: *The Preformance Economy*. Springer, 2010.
- [STE 09] STERMAN, J.D., 2009. Supply chain dynamics, the “beer distribution game” and misperceptions in dynamic decision making. *System Dynamics* 1, 84.
- [SUD 22] SUDUSINGHE, J.I., SEURING, S., 2022. Supply chain collaboration and sustainability performance in circular economy: A systematic literature review. *International Journal of Production Economics* 245, 108402.
- [TEC 05] TECK-YONG Eng: The Influence of a Firm's Cross-Functional Orientation on Supply Chain Performance. *Journal of Supply Chain Management*. 41, 4–16, 2005. <https://doi.org/10.1111/j.1745-493X.2005.04104002.x>
- [UN 15] UN Global Compact *Business for Social Responsibility: Supply Chain Sustainability: A Practical Guide for Continuous Improvement (Second Edition)*, 2015.
- [VAN 23] VAN ENGELENHOVEN, T., KASSAHUN, A., Tekinerdogan, B., 2023. Systematic Analysis of the Supply Chain Operations Reference Model for Supporting Circular Economy. *Circ.Econ.Sust.* 3, 811–834. <https://doi.org/10.1007/s43615-022-00221-6>
- [VEG 20] VEGTER, D., VAN HILLEGERSBERG, J., OLTHAAR, M., 2020. Supply chains in circular business models: processes and performance objectives. *Resources, Conservation and Recycling* 162, 105046. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105046>
- [ZAR 17] ZARGHAMI, A., BENBOW, D.: Introduction to 8D problem solving. *The Journal for Quality and Participation*. 40, 23–28, 2017.

Protocole		Protocole 1 : < Start, Outline Supply Chain Model, by identification strategy >		
Type de Session		Entretiens par téléphone		
Participants		Gestionnaire et acteurs de la chaîne logistique		
N°	Etape	Description	Rôle des participants	Supports
1	Présentation du modèle générique (10 min)	L'animateur présente les principaux concepts du modèle générique de chaîne logistique	Passif	Modèle générique de chaîne logistique
2	Spécification du produit (30 min)	L'animateur demande aux participants de caractériser le produit concerné.	Actif/ Individuel	Guide d'entretien : question <ul style="list-style-type: none"> <i>Quel est le produit concerné par la chaîne logistique que vous souhaitez améliorer ?</i>
3	Détermination des activités principales (20 min)	L'animateur demande aux participants de déterminer les principales activités composant la chaîne logistique à améliorer.	Actif/ Individuel	Modèle générique de chaîne logistique Guide d'entretien : questions <ul style="list-style-type: none"> <i>Quelles sont les principales activités que vous souhaiteriez gérer sur le modèle générique ?</i> <i>Quelle est votre position dans la chaîne logistique ?</i>
4	Détermination des acteurs (30 min)	L'animateur demande aux participants de déterminer les acteurs qui gèrent les activités principales et leurs relations. Grâce à ces entretiens, l'animateur construit le modèle SC V0.	Actif/ Individuel	Modèle générique de chaîne logistique Guide d'entretien : questions : <ul style="list-style-type: none"> <i>Avec quels fournisseurs, clients, sous-traitants travaillez-vous ?</i> <i>Quel type de relation entretenez-vous avec chacun ?</i>

Protocole 1. < Start, Outline Supply Chain Model, by identification strategy >

Protocole		Protocole 2 : < Outline Supply Chain Model, Model Supply Chain, by expert modeling strategy >		
Type de Session		Focus group		
Participants		Gestionnaire et acteurs de la chaîne logistique		
N°	Etape	Description	Rôle des participants	Supports
1	Présentation du modèle générique de chaîne logistique (20 min)	L'animateur présente les principaux concepts du modèle générique de chaîne logistique et explique la décomposition des activités (granularité des produits, du site de production...)	Passif	Slides de présentation Modèle générique de chaîne logistique
2	Présentation du modèle SC V0 (10 min)	L'animateur présente le modèle SC V0 construit suite aux entretiens avec le fabricant du produit et les acteurs de la chaîne logistique.	Passif	Modèle SC V0
3	Modélisation du modèle SC V1 (30 min)	L'animateur initie une discussion sur le modèle SC V0 et crée le modèle SC V1 correspondant au modèle de la chaîne logistique « As-Is ».	Actif/ Collectif	Modèle SC V0 Modèle générique de chaîne logistique Guide d'entretien : questions <ul style="list-style-type: none"> • <i>Positionnez-vous sur le modèle SC V0 en entourant les activités vous concernant</i> • <i>Y-a-t-il des acteurs non identifiés ? Si oui, ajoutez les sur le modèle</i> • <i>Est-ce que les activités sur le modèle SC V0 (plus précisément les activités intermédiaires) correspondent à vos activités ?</i> • <i>Est-ce que les flux sur le modèle SC V0 correspondent à vos flux ?</i> • <i>Est-ce que les types de collaboration (branches et niveaux) sur le modèle SC V0 correspondent à vos collaborations ?</i>

Protocole 2. < Outline Supply Chain Model, Model Supply Chain, by expert modeling Strategy >

Protocole		Protocole 3 : < Start, Choose Circularity Indicators, by elicitation strategy >		
Type de Session		Focus group		
Participants		Gestionnaire et acteurs de la chaîne logistique		
N°	Etape	Description	Rôle des participants	Supports
1	Présentation des dimensions de circularité (20 min)	L'animateur présente les dimensions de circularité proposées dans l'outil de classification.	Passif	Slides de présentation Outil de classification
2	Sélection des dimensions de circularité (10 min)	L'animateur demande aux participants de choisir les dimensions de circularité qu'ils/elles souhaitent améliorer dans la chaîne logistique.	Actif/ Collectif	Post-its
3	Présentation des indicateurs de circularité associés aux dimensions choisies (20 min)	L'animateur présente les indicateurs de circularité relatifs aux dimensions choisies (type : qualitatif / quantitatif, données requises...)	Passif	Slides de présentation Outil de classification Taxonomies d'indicateurs de circularité reconnues (ex : [SAI 19])
4	Sélection des indicateurs de circularité (20 min)	L'animateur demande aux participants de choisir les indicateurs de circularité à évaluer pour la chaîne logistique	Actif/ Collectif	Post-its
5	Discussion sur la collecte des données	L'animateur demande aux participants de décrire comment collecter les données nécessaires pour le calcul des indicateurs (quantités liées aux flux, ressources consommées, utilité des produits...).	Actif/ Collectif	

Protocole 3. < Start, Choose Circularity Indicators, by elicitation strategy >

Protocole		Protocole 4 : < Choose Circularity Indicators, Calculate Supply Chain circularity, by computation strategy>	
Type de Session		Travail individuel	
Participants		Animateur	
N°	Etape	Description	Supports
1	Collecte des données (au préalable)	L'animateur collecte les données requises.	Feuille de calcul
2	Calcul des indicateurs de circularité	A partir des données collectées, l'animateur calcule l'indicateur de circularité du modèle SC V1 en utilisant le calculateur CircuSChain.	Calculateur CircuSChain Modèle SC V1

Protocole 4. < Choose Circularity Indicators, Calculate Supply Chain circularity, by computation strategy >

Protocole		Protocole 5 : < Start, Analyze Gap between the Ideal SC and the As-Is SC, by detection strategy>		
Type de Session		Focus Group		
Participants		Gestionnaire et acteurs de la chaîne logistique		
N°	Etape	Description	Rôle des participants	Supports
1	Collecte des données (au préalable)	L'animateur collecte les données sur le cas idéal de chaîne logistique du produit concerné à partir de la littérature ou des experts de la chaîne logistique.		Calculateur CircuSChain Modèle SC V1 Revue de littérature
2	Modélisation du cas idéal de chaîne logistique et calcul des indicateurs liés (au préalable)	L'animateur modélise le cas idéal de chaîne logistique pour le type de produit concerné (ce modèle est appelé SC VIdéal) grâce au modèle générique de chaîne logistique. Il calcule également les indicateurs de circularité liés à ce cas idéal, grâce au calculateur CircuSChain.		Modèle générique de chaîne logistique Calculateur CircuSChain
3	Rappel des spécifications du type produit et présentation du cas idéal de chaîne logistique (10 min)	L'animateur explique le cas idéal de chaîne logistique modélisé pour le produit concerné, ainsi que l'indicateur de circularité associé à ce cas idéal.	Passif	Slides de présentation Modèle SC VIdéal Indicateur de circularité de SC VIdéal
4	Rappel du modèle SC V0 et de l'indicateur de circularité associé (10 min)	L'animateur rappelle le modèle de la chaîne logistique As-Is (modèle SC V1 et indicateur de circularité associé).	Passif	Slides de présentation Modèle SC V1 Indicateur de circularité de SC V1
5	Analyse de l'écart (20 min)	L'animateur initie une discussion de comparaison entre la chaîne logistique As-Is et la chaîne logistique idéale.	Actif/ Collectif	Outil de classification Post-its Guide d'entretien : questions • <i>Quelles sont les différences significatives entre les 2 chaînes logistiques ?</i> • <i>Quelles sont les dimensions de circularité associées à ces différences ?</i>

Protocole 5. < Start, Analyze Gap between the Ideal SC and the AS-IS SC, by detection strategy>

Protocole		Protocole 6 : <Analyze Gap between Best Available SC and As-Is SC, Define Circular Goal and Constraint, by identification strategy>		
Type de Session		Focus Group		
Participants		Gestionnaire et acteurs de la chaîne logistique		
N°	Etape	Description	Rôle des participants	Supports
1	Rappel des écarts avec le cas idéal (10 min)	L'animateur rappelle les principaux écarts entre la chaîne logistique idéale et la chaîne logistique « As-Is »	Passif	Modèle et indicateurs de circularité de la chaîne logistique idéale et de la chaîne logistique « As-Is »
2	Identification des contraintes (30 min)	L'animateur initie une discussion sur les contraintes liées à l'amélioration de la chaîne logistique.	Actif/ Collectif	Post-its avec les différents types de contraintes Guide d'entretien : questions <ul style="list-style-type: none"> • <i>Quelles sont les contraintes économiques ?</i> • <i>Y-a-t-il besoin d'un nouvel acteur ? Si oui, quelles sont les contraintes liées à cet acteur ?</i> • <i>Quelles sont les capacités liées au flux de matières ?</i> • <i>Quelles sont les contraintes du marché ?</i>
3	Détermination des objectifs (10 min)	L'animateur initie une discussion sur les objectifs de circularité à atteindre, en considérant les contraintes et le cas idéal de chaîne logistique.	Actif/ Collectif	Post-its Guide d'entretien : question <ul style="list-style-type: none"> • <i>Quels objectifs souhaitez-vous atteindre pour vous rapprocher du cas idéal ?</i>
4	Synthèse (10 min)	L'animateur fait une synthèse des objectifs et des contraintes et établit les priorités avec les participants.	Actif/ Collectif	

Protocole 6. < Analyze Gap between Best Available SC and As-Is SC, Define Circular Goal and Constraint, by identification strategy >

Protocole		Protocole 7 : < Start, Identify changes, by gaming simulation strategy >		
Type de Session		Focus Group		
Participants		Gestionnaire et acteurs de la chaîne logistique		
N°	Etape	Description	Rôle des participants	Supports
1	Présentation du jeu (10 min)	L'animateur présente le jeu sérieux CircuSChain Game et ses règles	Passif	Modèle et indicateur de circularité de SC V1 Modèle et indicateur de circularité de la chaîne logistique idéale Liste des contraintes et des objectifs de circularité
2	Jeu Phase 1 (20 min)	Les participants jouent le jeu sérieux CircuSChain Game représentant le modèle SC V1	Actif/ Collectif	Jeu CircuSChain Game
3	Discussion et modification du modèle SC V1 (10 min)	L'animateur présente les cartes de stratégie aux participants et demande aux participants dans quelles activités circulaires ils souhaitent investir pour améliorer la chaîne logistique.	Actif/ Collectif	Cartes de stratégie du jeu CircuSChain Game Posts-its Guide d'entretien : question <ul style="list-style-type: none"> • <i>Dans quelles activités souhaitez-vous investir pour améliorer la circularité de la chaîne logistique ?</i>
4	Jeu Phase 2 (20 min)	Les participants jouent le jeu sérieux CircuSChain Game représentant la version améliorée de la chaîne logistique	Actif/ Collectif	Jeu CircuSChain Game
5	Itérations	L'animateur répète les étapes 3 et 4 jusqu'à atteindre des indicateurs de circularité correspondant aux objectifs.		

Protocole 7. < Start, Identify changes, by gaming simulation strategy >

Protocole		Protocole 8 : < Start, Identify changes, by computer simulation strategy >		
Type de Session		Focus Group		
Participants		Gestionnaire et acteurs de la chaîne logistique		
N°	Etape	Description	Rôle des participants	Supports
1	Rappel du contexte (10 min)	L'animateur rappelle les modèles et indicateurs du modèle SC V1 et du cas idéal de chaîne logistique, ainsi que les contraintes et objectifs de circularité identifiés.	Passif	Modèle et indicateur de circularité de SC V1 Modèle et indicateur de circularité de la chaîne logistique idéale Liste des contraintes et des objectifs de circularité
2	Simulation du modèle SC V1 (20 min)	L'animateur explique le modèle, les hypothèses et les données utilisées dans la simulation. Puis il montre la simulation.	Passif	Outil de simulation
3	Discussion et modification du modèle SC V1 (10 min)	L'animateur présente les cartes de stratégie aux participants et demande aux participants dans quelles activités circulaires ils souhaitent investir pour améliorer la chaîne logistique.	Actif/ Collectif	Cartes de stratégie du jeu CircuSChain Posts-its Guide d'entretien : <ul style="list-style-type: none"> • <i>Dans quelles activités souhaitez-vous investir pour améliorer la circularité de la chaîne logistique ?</i>
4	Simulation du modèle As-If (20 min)	L'animateur modifie le modèle avec les nouveaux paramètres et lance la simulation du nouveau modèle As-If	Passif	Outil de simulation
5	Itérations	L'animateur répète les étapes 3 et 4 jusqu'à atteindre des indicateurs de circularité correspondant aux objectifs.		

Protocole 8. < Start, Identify changes, by computer simulation strategy >