

CIGI QUALITA MOSIM 2023

Modèles conceptuels Valeur-VSM dans le cadre du développement durable

ROBERTA COSTA AFFONSO, FLORENT COUFFIN¹

¹ ISAE-Supméca / QUARTZ
3 rue Fernand Hainaut, 93407 Saint-Ouen, France
roberta.costa@isae-supmecca.fr, florent.couffin@isae-supmecca.fr

Résumé – La poursuite de l'amélioration des processus d'entreprise, et notamment du processus de production, est essentielle pour que les entreprises puissent s'adapter en permanence aux évolutions du marché, garantissant leur pérennité. Le lean manufacturing est une approche reconnue par les scientifiques et les industriels comme étant un moyen d'améliorer de manière continue la performance opérationnelle (économique-industrielle) de l'entreprise. Durant les dernières années, cette approche est en train d'évoluer pour prendre également en compte les enjeux environnementaux et sociaux auxquels les entreprises doivent répondre. Cependant, cette évolution est réalisée de manière partielle, au travers de propositions qui ne prennent pas en compte tous les aspects du développement durable. Cet article contribue à formaliser l'approche lean manufacturing dans le contexte du développement durable, proposant des modèles conceptuels de la valeur, de la VSM et leur intégration.

Abstract – Continued improvement of business processes, and in particular the production process, is essential for companies to be able to adapt continuously to market changes, thus ensuring their durability. Lean manufacturing is an approach recognised by scientists and industrialists as a means of continuously improving the operational (economic-industrial) performance of the company. In recent years, this approach is evolving to also take into account the environmental and social issues that companies must address. However, this evolution has been carried out in a partial manner, through proposals that do not take into account all aspects of sustainability. This article contributes to formalising the lean manufacturing approach in the context of sustainable development, proposing conceptual models of value, VSM and their integration.

Mots clés – Lean manufacturing, modèle conceptuel de la valeur, modèle conceptuel de la VSM.

Keywords – Lean manufacturing, value conceptual model, VSM conceptual model.

1 INTRODUCTION

Le lean manufacturing est l'une des approches d'amélioration du processus de production les plus étudiées dans la littérature scientifique [Bellisario et Pavlov, 2018], qui s'applique aux entreprises de différents secteurs d'activité, tels que l'automobile, l'aéronautique, l'agroalimentaire, la santé [Curatolo et al., 2014 ; Hines et al., 2004 ; Negrão et al., 2016]. [Hohmann, 2012] définit l'approche lean comme « un système visant à générer la valeur ajoutée maximale à moindre coût et au plus vite, cela en employant les ressources justes nécessaires pour fournir aux clients ce qui fait la valeur à leurs yeux ». Cette approche est donc fortement guidée par la valeur. A l'origine, et en prenant en compte uniquement le contexte économique-industriel, la valeur a été définie comme étant ce que le client veut et qu'il est prêt à payer pour [Womack et al., 2007]. La définition de la valeur pour un produit donné oriente le diagnostic de son processus de production, réalisé à l'aide de la Value Stream Mapping (VSM). La VSM est un outil visuel de cartographie de la chaîne de valeur d'un processus de production de la matière première aux produits finis. Cette chaîne de valeur se caractérise par l'ensemble des informations relatives aux activités du processus de production, telles que la valeur ajoutée, la non-valeur ajoutée et les gaspillages mesurés par le niveau de stocks, la surproduction, les défauts, le temps

d'exécution des opérations, le temps d'attente, le temps de transport ... Le principal objectif de l'exploitation de la VSM est de réduire le temps de cycle, les temps d'attente, les goulets d'étranglement du processus, ainsi que son coût [Belokar et al., 2012 ; Kundgol et al., 2021].

Toutefois, les clients des entreprises, mais aussi les pouvoirs publics et les autres parties intéressées exigent des entreprises des performances plus élevées sur le plan environnemental, social et financier, grâce à une gestion responsable des produits, des processus et des services qu'elles mettent en œuvre. Par conséquent, le développement durable est désormais un paramètre stratégique pour la continuité des entreprises, pour satisfaire les besoins actuels de la société sans sacrifier la capacité de répondre aux besoins futurs [Bastas et al., 2018]. Dans ce « nouveau contexte », l'approche lean manufacturing doit donc s'adapter pour intégrer les dimensions sociale et environnementale.

Dans les dernières années, un effort important a été fait pour adapter cette approche. Ces efforts concernent surtout l'identification de la chaîne de la valeur par la VSM dans ce nouveau contexte. Par exemple, des VSM étendues ont été proposées, prenant en compte la dimension environnementale (la E-VSM – [Garza-Reyes et al., 2018b]) ou la durabilité (Sus-VSM – [Vinodh et al., 2015]). Cependant, ces adaptations restent réalisées de manière partielle. En effet, toutes ces

propositions ne prennent pas en compte les trois dimensions du développement durable, sans redéfinir la « notion de valeur » essentielle pour une cartographie. Cet article propose une définition de la valeur dans le contexte du développement durable et la prendre en compte dans la VSM durable (Sus-VSM). Pour ce faire, nous proposons une définition de la valeur élargie sous la forme d'un modèle conceptuel, intégré à celui de la VSM afin de proposer le modèle conceptuel de la VSM durable.

Cet article est structuré de la manière suivante : la section 2 expose un bref état de l'art afin de positionner cette étude. La section 3 définit la valeur dans le contexte du développement durable. Les modèles conceptuels définis pour formaliser la valeur, la VSM, et leur intégration sont présentés dans la section 4. Enfin, la section 5 présente les conclusions de cette étude et des perspectives pour des travaux futurs.

2 LE DEVELOPPEMENT DURABLE ET L'APPROCHE LEAN MANUFACTURING

Le lean manufacturing est considéré par de nombreux auteurs comme un potentiel catalyseur du développement durable pour la mise en œuvre de meilleurs pratiques et/ou modes de production durable ; du reste, [Mathiyazhagan et al., 2022] affirment que le lean manufacturing est une philosophie de fabrication qui améliore les performances de l'organisation en termes de productivité, de satisfaction des personnes et de prévention environnementale. Différentes pratiques associées à l'approche lean manufacturing (juste à temps, Kaizen, total productive maintenance, etc. – [Garza-Reyes et al., 2018a]), ont été analysées pour identifier leur capacité à rendre le processus de fabrication plus durable. En particulier, les études sur la VSM ont suscité beaucoup d'intérêt de la part des scientifiques et des industriels. Les premières études ont proposé des VSM qui tenaient en compte de la consommation énergétique dans le processus de production [Müller et Schillig, 2014 ; Bogdanski et al., 2013]. Puis, ces propositions ont été étendues pour intégrer les dimensions environnementale [E-VSM, Garza-Reyes et al. 2018b] et sociale [Socio-VSM, Gholami et al., 2019], ou encore le développement durable ou la soutenabilité [Sus-VSM, Vinodh et al., 2015]) et même l'économie circulaire [Hartini et al., 2021 ; Hedlund et al., 2020]. L'extension de la VSM implique la prise en compte de nouveaux indicateurs du processus concernant les impacts environnementaux (émission CO₂, dépense en eau, etc.) et sociaux (pénibilité des activités du processus de production, niveau de bruit dans l'exécution des activités, etc.). Pour les VSM qui prennent en compte la circularité, les flux de retours liés aux 6Rs (*reuse, reduce, recycle, recovery, redesign* et *remanufacturing*) sont intégrés [Hartini et al., 2021].

Par contre, ces outils ne (re)définissent pas préalablement la notion de valeur. Ils positionnent leur proposition dans le cadre du développement durable soit en soulignant le besoin d'amélioration du processus de production pour répondre à ces défis, soit en mentionnant la prise en compte du point de vue du *Triple Bottom Line* (TBL – [Elkington, 1994]). Le TBL définit les dimensions économique, sociale et environnementale comme les piliers du développement durable et prône un équilibre entre ces trois piliers.

Pourtant, la VSM est un des outils les plus importants de cartographie pour l'approche lean manufacturing, qui a comme

premier principe¹ la définition de la valeur par produit du point de vue du client [Cusumano, 1985], suivi de l'identification de la chaîne de la valeur (à travers l'utilisation de la VSM). [Hedlund et al., 2020] souligne que sans la définition préalable de la valeur il ne peut pas y avoir de VSM. C'est seulement après avoir compris et défini la valeur, que le processus d'amélioration de la chaîne de la valeur peut démarrer.

Il nous semble que dans un contexte du développement durable, le seul point de vue du client n'est plus suffisant. En effet, même si aujourd'hui les clients sont plus sensibilisés aux questions liées au développement durable, ils n'ont souvent pas une connaissance suffisante du processus de fabrication, de la chaîne logistique et donc de l'ensemble des impacts sociaux et environnementaux engendrés lors de la fabrication du produit. Ainsi, il est nécessaire de prendre en compte l'ensemble des parties prenantes² du processus de production. Par conséquent, la définition de la valeur, qui guide l'approche lean manufacturing, n'est plus adaptée au nouveau contexte du développement durable.

Afin de formaliser l'approche lean manufacturing dans ce contexte, cet article définit la valeur, puis les modèles conceptuels de la valeur, de la VSM et leur intégration.

3 LA VALEUR DURABLE

Dans le contexte d'origine du lean manufacturing, la définition de la valeur est fortement corrélée à la satisfaction des clients vis-à-vis du produit que le processus de production fabrique. Dans le contexte du développement durable, le point de vue du client n'est plus suffisant car les impacts et bénéfices de ce processus vis-à-vis d'autres parties prenantes, telles que les employés et la société, deviennent tout aussi importants. On doit alors prendre en compte la valeur pour l'ensemble des parties prenantes associées au processus, on ne peut plus se limiter à la création de valeur pour le client et se restreindre au couple produit-client. Par conséquent, on parle de la valeur du processus (et non plus du produit) pour l'ensemble des parties prenantes.

Nous définissons ainsi la valeur d'un processus comme la mesure de la satisfaction des attentes de ses différentes parties prenantes associées aux dimensions économique-industrielle, sociale et environnementale.

A partir de cette définition, le premier principe de l'approche lean manufacturing évolue également. Nous devons maintenant définir la valeur du processus pour chaque partie prenante, tenant en compte les trois dimensions de la valeur. La satisfaction de chaque partie prenante ne portera pas nécessairement sur les trois dimensions à la fois. Par exemple, la satisfaction des employés peut porter sur les dimensions sociale, et économique-industrielle, mais plus fortement sur la première, tandis que la satisfaction des actionnaires porte plus fortement sur la dimension économique-industrielle.

Lors de la mise en œuvre d'un projet d'amélioration d'un processus de production, la première étape est de définir les dimensions de la valeur à améliorer (Figure 1). Pour cela, il est

¹ Les principes du lean manufacturing sont [Cusumano, 1985] : définir de la valeur d'un produit, identifier la chaîne de la valeur et les gaspillages, établir la chaîne idéale de la valeur, laisser le client tirer le flux et viser la perfection.

² [Browning et Honour 2008] définit une partie prenante comme « tout individu ou groupe ayant un intérêt direct dans un système ».

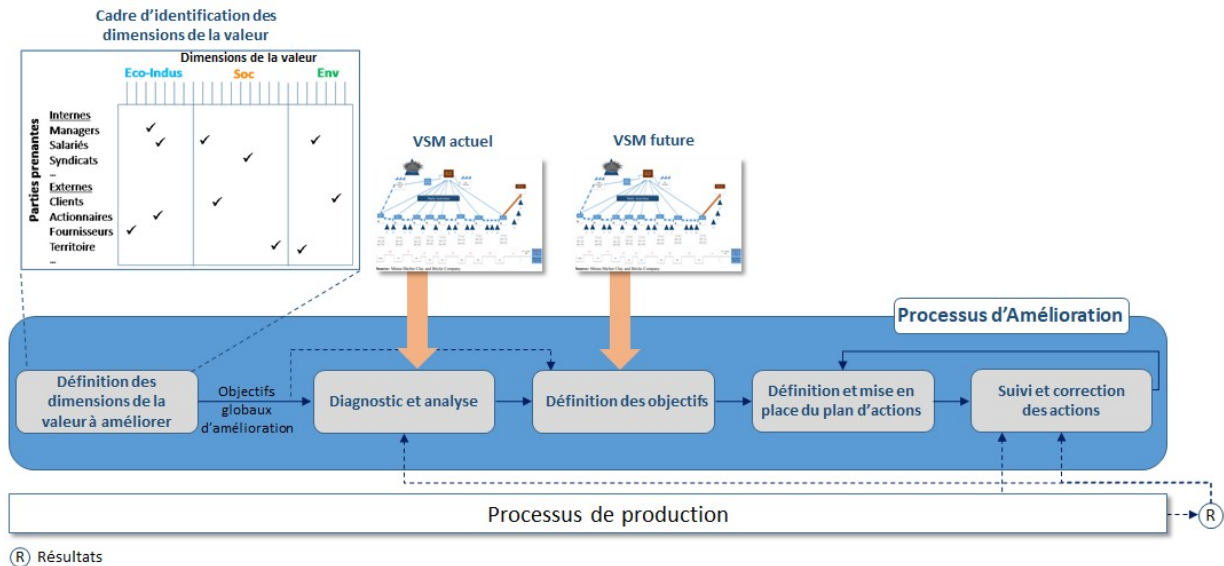


Figure 1. Valeur, parties prenantes et cartographie du processus de production

nécessaire d'identifier préalablement les parties prenantes du processus à améliorer, puis leurs bénéfices et/ou attentes associés aux dimensions de la valeur. Par exemple, la qualité du produit (dimension économique-industrielle), la sécurité au travail (dimension sociale), la consommation de matières premières (dimension environnementale), etc. Ensuite, il faut déterminer les parties prenantes à satisfaire et par conséquent les dimensions de la valeur à améliorer, ce qui constitue les objectifs globaux du projet d'amélioration.

A partir de cette définition de la valeur à améliorer, la chaîne de la valeur peut être identifiée à travers la VSM.

Dans la partie suivante, nous définissons les modèles conceptuels de la valeur, de la VSM et le modèle résultat de leur intégration.

4 MODELES CONCEPTUELS POUR LE LEAN MANUFACTURING

Les modèles conceptuels ont pour principal objectif de représenter les éléments d'un domaine (ou système) particulier et leurs relations, en élicitant les connaissances pertinentes de ce domaine. Ils facilitent la compréhension et la communication entre les parties prenantes, ou encore permettent aux non spécialistes d'acquérir une compréhension approfondie de ce domaine [Moral et al., 2017 ; Lara et al., 2014]. Un modèle conceptuel constitue la description de la façon dont un « domaine est organisé et fonctionne » et décrit généralement : les principes structurant de ce domaine, ses principaux concepts, les relations entre ces concepts, le « mappage entre les concepts » et le domaine représenté [Soares et al., 2022]. La modélisation conceptuelle va donc consister à identifier, analyser et décrire les concepts et contraintes essentiels d'un domaine à l'aide d'un langage de modélisation (ensemble de méta-concepts de base) [Guizzardi et al., 2002].

La recherche en modélisation conceptuelle a plus de 50 ans, en exploitant des langages de modélisation conceptuelle, initialement le modèle entité-relation apparu dans les années 1970 ; de nombreux langages, associés à des paradigmes de modélisation différents ont été introduits, évalués et appliqués au fil du temps [Lukyanenko et al., 2022]. On peut citer ORM (Object-Role Modeling), pour la famille des langages entité-relation, le diagramme de classes UML pour les familles des langages objets, ou encore OWL (Web Ontology Language) ou

encore ontoUML pour la famille des langages basés sur les ontologies.

Nous avons opté pour le diagramme de classes UML qui constitue une notation largement répandue dans les communautés académiques et industrielles, dans un premier temps dans le domaine du génie logiciel, puis pour la modélisation conceptuelle de systèmes couvrant de nombreux domaines. Ces diagrammes reposent sur un langage graphique standardisé par l'OMG [Cook et al., 2017]. Par exemple, [Ebner et al., 2012] développe un modèle conceptuel de données, qui couvre toutes les exigences de définition, de gouvernance, d'utilisation et de stockage des données supportant la collaboration et la coordination au sein des entreprises multinationales. [Zolghadri et Couffin, 2018] propose un modèle conceptuel de données décrivant l'ensemble des concepts, et de leurs relations, mis en œuvre par un processus de mise à niveau d'un système industriel. [Maté et Mylopoulos, 2016] spécifie un nouveau langage de modélisation basé sur un métamodèle permettant aux experts d'un domaine de valider une sélection de KPI. [Hu et al., 2013] définit un ensemble de diagrammes UML pour supporter et gérer les informations sur les produits, processus et la qualité d'une chaîne d'approvisionnement.

4.1 Modèle conceptuel de la valeur

Le modèle conceptuel de la valeur proposé a comme objectif de définir les éléments nécessaires à la définition de la valeur, ainsi que leur structuration par rapport au système de production.

Il est représenté sous la forme de diagramme de classes UML (Figure 2). Chaque classe représente un concept qui est potentiellement caractérisée par des attributs correspondants aux propriétés élémentaires du concept représenté.

Les liens sémantiques entre les concepts sont représentés par des associations dont le rôle précise la sémantique des classes impliquées. Par ailleurs, les multiplicités des associations définissent le nombre de fois qu'un objet d'une classe participe à cette association. Des précisions sur l'interprétation des éléments de modélisation sont données au fur et à mesure.

Le système de production est associé à une ou plusieurs parties prenantes et réciproquement (spécifié par les multiplicité 1..*). Cette association est caractérisée par la valeur élémentaire (représentée par la classe-association), spécifiant la valeur

qu'une partie prenante attribue au système de production. La valeur globale (ValeurSystème) caractérise le système de production via une association de type agrégation (association représentant une simple appartenance); la valeur globale résulte de l'agrégation de l'ensemble des valeurs élémentaires, représentée par une association de type composition (association non symétrique exprimant une appartenance forte et exclusive, à l'opposé de l'agrégation). La méthode de calcul de la valeur globale du système à partir des valeurs élémentaires n'est pas représentée dans ce modèle dont ce n'est pas l'objet.

Les classes valeur globale du système et valeur élémentaire sont des sous-classes de la classe Valeur, caractérisée par deux attributs : quantité et unité, permettant de quantifier une valeur. Les deux sous classes de cette classe héritent ainsi de ses attributs.

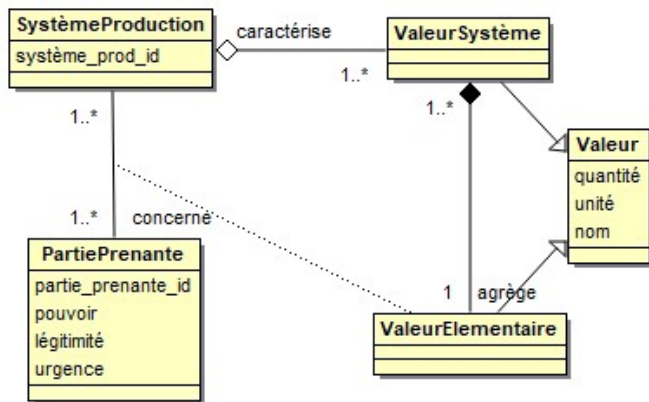


Figure 2. Modèle conceptuel de la valeur

Nous avons défini trois sous-classes de la classe valeur, correspondant chacune à une dimension de la valeur : sociale, environnementale et économique (Figure 3).

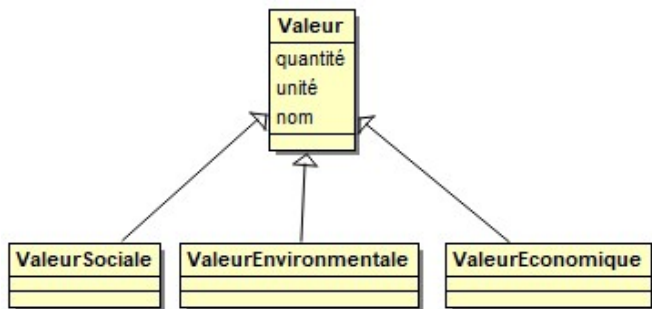


Figure 3. Modèle conceptuel de catégories de valeur

Les parties prenantes jouent un rôle central car elles sont réceptrices (bénéfice ou perte) ou créatrices de valeur dans les modèles d'entreprises durables, et qu'avec leur aide, il est plus probable de réussir à créer des entreprises durables [Freudenreich et al., 2019]. Un certain nombre d'auteurs proposent des typologies de parties prenantes qui sont caractérisées par leurs attributs : pouvoir, légitimité et urgence qui leur permettent d'agir ou d'influencer le système de production, on peut citer [Qu et al., 2023] :

- L'organisation focale est l'organisation centrale de l'entreprise manufacturière, qui pilote le système de production en fournissant des produits (et des services) aux clients.

- Les parties prenantes bénéficiaires qui comprennent les investisseurs, les employés, les clients et les fournisseurs, qui obtiennent les bénéfices les plus importants en fournissant des matières premières, des capitaux, des compétences, du travail, des équipements et d'autres ressources de production.
- Les parties prenantes sans but lucratif direct qui comprennent l'état et les collectivités territoriales, qui non seulement peuvent offrir aux entreprises des services publics, mais produisent aussi des règlements qui les contraignent et perçoivent des taxes.

Ces trois catégories constituent les trois sous classes de la classe partie prenante qui possède les trois attributs pouvoir, légitimité et urgence (Figure 4).

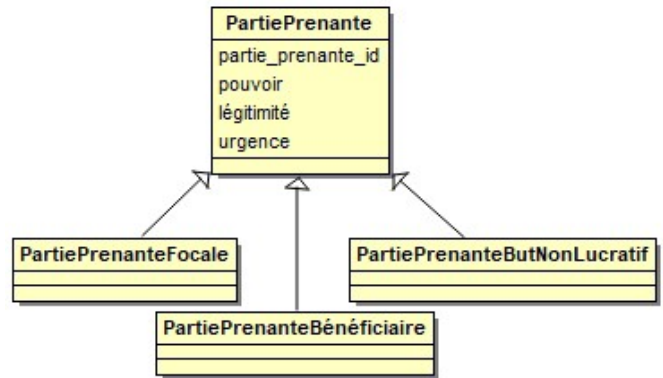


Figure 4. Modèle conceptuel de catégories de parties prenantes

4.2 Modèle conceptuel de la VSM

Le modèle conceptuel de la VSM (Figure 5) proposé a comme objectif de représenter les éléments nécessaires à la représentation de cet outil et de ses règles de construction.

Le système de production est composé d'une ou plusieurs activités, représenté par l'association de composition. La succession des activités est représentée par l'association réflexive interactivité (les multiplicités 0..1 précisent qu'une activité suit (précède) au plus une activité ce qui correspond à l'usage classique des VSM). Ces activités sont caractérisées par une ou plusieurs mesures de la valeur (MesureValeurActivité), représentées par l'agrégation entre ces deux classes. Les mesures de la valeur sont des indicateurs liés aux dimensions économique-industrielle, sociale et environnementale. Nous pouvons citer comme exemple le temps de réalisation de l'activité, la pénibilité associée et son émission carbone respectivement. (Lee et al., 2021) présentent une classification des mesures de la valeur selon ses trois dimensions.

Le système de production est également caractérisé par une ou plusieurs mesures de la valeur (MesureValeurSystème).

Les mesures de la valeur du système peuvent se calculer à partir de celles des activités du système de production (en exploitant la composition entre le système de production et ses activités et les agrégations entre ses activités et les mesures de la valeur de ces activités). Comme pour le cas du calcul de la valeur globale du système, ce n'est pas l'objet de ce modèle d'en spécifier la méthode. Les deux classes mesure de la valeur du système et mesure de la valeur de l'activité hérite de la classe mesure de la valeur.

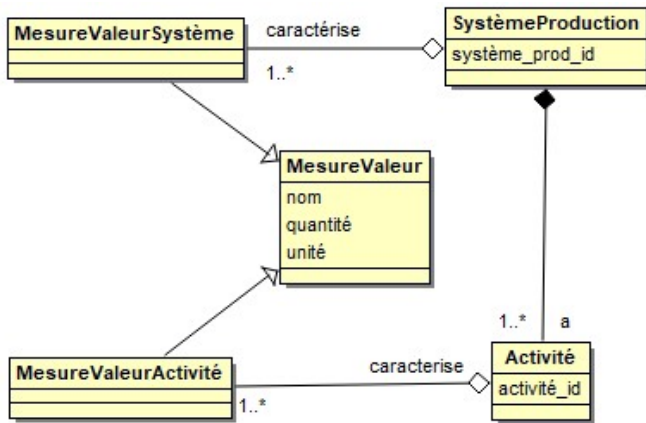


Figure 5. Modèle conceptuel de la VSM

4.3 Intégration des modèles conceptuels de la valeur et de la VSM

Le modèle Valeur-VSM (Figure 6) explicite qu'une activité ajoute de la valeur (via la classe-association ValeurAjoutée) à une ou plusieurs valeurs élémentaires. Si la valeur ajoutée est « négative », pour un couple activité-valeur élémentaire, il s'agit d'un gaspillage.

De plus, la classe valeur ajoutée hérite de la classe valeur, ce qui permet de vérifier la cohérence de ces deux grandeurs (nom et unité) ainsi que leur appartenance à la même dimension (économique-industrielle, sociale ou environnementale).

L'association entre les classes mesures de la valeur de l'activité et valeur élémentaire devrait permettre de vérifier que l'amélioration d'une mesure de la valeur de l'activité améliore la valeur élémentaire associée. Cela caractérise implicitement l'amélioration de l'activité.

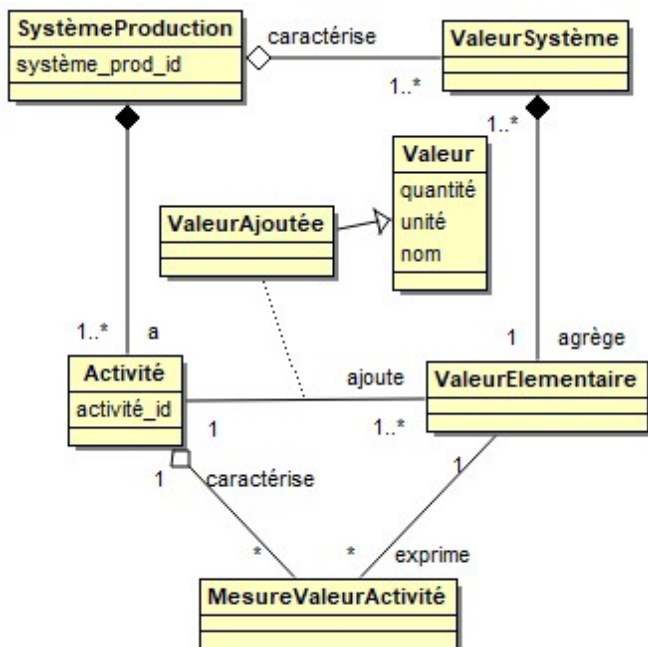


Figure 6. Modèle conceptuel Valeur-VSM

5 CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Dans le cadre de la poursuite de l'amélioration des processus d'entreprise, et notamment du processus de production,

l'approche lean manufacturing a été amenée à évoluer pour pouvoir répondre aux enjeux du développement durable.

Cette évolution de l'approche lean a été notamment observée à travers la proposition des VSM étendues (E-VSM, Sus-VSM, etc.). Cependant, cette évolution n'a pas été réalisée de manière structurée. En particulier, la valeur n'a pas été préalablement redéfinie, alors que si on suit les principes de cette approche, il est nécessaire de définir la valeur avant d'identifier la chaîne de la valeur.

Cet article a proposé une définition de la valeur appropriée au contexte du développement durable. Nous nous sommes appuyés sur cette définition pour définir trois modèles conceptuels afin de formaliser les relations entre valeur et VSM :

- Modèle conceptuel de la valeur : il représente les éléments nécessaires à la définition de la valeur ;
- Modèle conceptuel de la VSM : il représente les éléments nécessaires à la représentation de cet outil et de ses règles de construction ;
- Modèle conceptuel Valeur-VSM : il intègre les deux modèles conceptuels précédents et vise à supporter les mécanismes permettant l'analyse de la chaîne de la valeur.

Ce travail couvre les deux premiers principes (définition de la valeur et identification de la chaîne de la valeur) de l'approche lean manufacturing. Dans la continuation de ces travaux, nous prendrons en compte d'autres principes, notamment celui de l'identification de la chaîne de la valeur future (VSM future). Le modèle de la valeur devrait pouvoir exploiter des méthodes de pondération pour évaluer la valeur du système de production à partir des éléments de satisfaction des parties prenantes qu'il faudra estimer. Cette évaluation doit guider la définition de la VSM future. De plus, la prise en compte de la VSM future nous permettra de définir la relation entre valeur et performance, concepts abordés de manière un peu ambiguë dans la littérature.

Par ailleurs, les modèles conceptuels doivent être confrontés à des cas réels afin de les valider.

Dans un second temps, nous allons étendre cette démarche à l'Analyse du Cycle de Vie (ACV – [Salvador et al., 2021]), qui permet l'évaluation globale et multicritère des impacts environnementaux du système de production (ISO 14040 : 2006). Notre objectif est enfin de développer un outil d'aide à l'évaluation des trois dimensions de la valeur intégrant ces deux approches.

6 REFERENCES

- Bastas, A., & Liyanage, K. (2018). Sustainable supply chain quality management: A systematic review. *Journal of cleaner production*, 181, 726-744.
- Bellisario, A., & Pavlov, A. (2018). Performance management practices in lean manufacturing organizations: a systematic review of research evidence. *Production Planning & Control*, 29(5), 367-385.
- Belokar, R. M., Kumar, V., & Kharb, S. S. (2012). An application of value stream mapping in automotive industry: a case study. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 1(2), 152-157.
- Bogdanski, G., Schönemann, M., Thiede, S., Andrew, S., & Herrmann, C. (2013). An extended energy value stream approach applied on the electronics industry. In *Advances in Production Management Systems*.

- Competitive Manufacturing for Innovative Products and Services: IFIP WG 5.7 International Conference, APMS 2012, Rhodes, Greece, September 24-26, 2012, Revised Selected Papers, Part I* (pp. 65-72). Springer Berlin Heidelberg.
- Browning, T. R., & Honour, E. C. (2008). Measuring the life-cycle value of enduring systems. *Systems Engineering, 11*(3), 187-202.
- Cook, S., Bock, C., Rivett, P., Rutt, T., Seidewitz, E., Selic, B., & Tolbert, D. (2017). Unified modeling language (UML) version 2.5. 1. *Object Management Group (OMG), Standard, 12*.
- Curatolo, N., Lamouri, S., Huet, J. C., & Rieutord, A. (2014). A critical analysis of Lean approach structuring in hospitals. *Business Process Management Journal*.
- Cusumano, M. A. (1985). The Japanese automobile industry: Technology and management at Nissan and Toyota.
- Ebner, V., Otto, B., & Österle, H. (2012). Conceptualizing data in multinational enterprises: model design and application. In *Conceptual Modeling: 31st International Conference ER 2012, Florence, Italy, October 15-18, 2012. Proceedings 31* (pp. 531-536). Springer Berlin Heidelberg.
- Elkington, J. (1994). Towards the sustainable corporation: Win-win-win business strategies for sustainable development. *California management review, 36*(2), 90-100.
- Freudenreich, B., Lüdeke-Freund, F., & Schaltegger, S. (2020). A stakeholder theory perspective on business models: Value creation for sustainability. *Journal of Business Ethics, 166*, 3-18.
- Garza-Reyes, J. A., Kumar, V., Chaikittisilp, S., & Tan, K. H. (2018a). The effect of lean methods and tools on the environmental performance of manufacturing organisations. *International Journal of Production Economics, 200*, 170-180.
- Garza-Reyes, J. A., Romero, J. T., Govindan, K., Cherrafi, A., & Ramanathan, U. (2018b). A PDCA-based approach to environmental value stream mapping (E-VSM). *Journal of Cleaner Production, 180*, 335-348.
- Gholami, H., Jamil, N., Zakuan, N., Saman, M. Z. M., Sharif, S., Awang, S. R., & Sulaiman, Z. (2019). Social value stream mapping (Socio-VSM): Methodology to societal sustainability visualization and assessment in the manufacturing system. *IEEE Access, 7*, 131638-131648.
- Guizzardi, G., Herre, H., & Wagner, G. (2002). Towards ontological foundations for UML conceptual models. In *On the move to meaningful internet systems 2002: CoopIS, DOA, and ODBASE: Confederated International Conferences CoopIS, DOA, and ODBASE 2002 Proceedings* (pp. 1100-1117). Springer Berlin Heidelberg.
- Hartini, S., Wicaksono, P. A., Rizal, A. M. D., & Hamdi, M. (2021, February). Integration lean manufacturing and 6R to reduce wood waste in furniture company toward circular economy. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 1072, No. 1, p. 012067). IOP Publishing.
- Hedlund, C., Stenmark, P., Noaksson, E., & Lilja, J. (2020). More value from fewer resources: how to expand value stream mapping with ideas from circular economy. *International Journal of Quality and Service Sciences, 12*(4), 447-459.
- Hines, P., Holweg, M., & Rich, N. (2004). Learning to evolve: a review of contemporary lean thinking. *International journal of operations & production management, 24*(10), 994-1011.
- Hohmann, C. (2012). *Lean Management: Outils, méthodes, retours d'expériences, questions/réponses*. Editions Eyrolles.
- Hu, J., Zhang, X., Moga, L. M., & Neculita, M. (2013). Modeling and implementation of the vegetable supply chain traceability system. *Food control, 30*(1), 341-353.
- ISO 14040. (2006). Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework.
- Kundgol, S., Petkar, P., & Gaitonde, V. N. (2021). Implementation of value stream mapping (VSM) upgrading process and productivity in aerospace manufacturing industry. *Materials Today: Proceedings, 46*, 4640-4646.
- Lara, J. A., Lizcano, D., Martínez, M. A., Pazos, J., & Riera, T. (2014). A UML Profile for the conceptual modelling of structurally complex data: easing human effort in the KDD process. *Information and Software Technology, 56*(3), 335-351.
- Lee, J. K. Y., Gholami, H., Saman, M. Z. M., Ngadiman, N. H. A. B., Zakuan, N., Mahmood, S., & Omain, S. Z. (2021). Sustainability-oriented application of value stream mapping: a review and classification. *IEEE Access, 9*, 68414-68434.
- Lukyanenko, R., Storey, V. C., & Pastor, O. (2022). System: A core conceptual modeling construct for capturing complexity. *Data & Knowledge Engineering, 141*, 102062.
- Maté, A., Trujillo, J., & Mylopoulos, J. (2016). Key performance indicator elicitation and selection through conceptual modelling. In *Conceptual Modeling: 35th International Conference, ER 2016, Gifu, Japan, November 14-17, 2016, Proceedings 35* (pp. 73-80). Springer International Publishing.
- Mathiyazhagan, K., Gnanavelbabu, A., & Agarwal, V. (2022). A framework for implementing sustainable lean manufacturing in the electrical and electronics component manufacturing industry: An emerging economies country perspective. *Journal of Cleaner Production, 334*, 130169.
- Moral, C., De Antonio, A., & Ferre, X. (2017). A visual UML-based conceptual model of information-seeking by computer science researchers. *Information Processing & Management, 53*(4), 963-988.
- Müller, E., Stock, T., & Schillig, R. (2014). A method to generate energy value-streams in production and logistics in respect of time-and energy-consumption. *Production Engineering, 8*, 243-251.
- Negrão, L. L. L., Godinho Filho, M., & Marodin, G. (2017). Lean practices and their effect on performance: a literature review. *Production Planning & Control, 28*(1), 33-56.
- Qu, Y., Wang, Y., Ming, X., & Chu, X. (2023). Multi-stakeholder's Sustainable Requirement Analysis for Smart Manufacturing Systems Based on the Stakeholder Value Network Approach. *Computers & Industrial Engineering, 109043*.
- Salvador, R., Barros, M. V., dos Santos, G. E. T., van

- Mierlo, K. G., Piekarski, C. M., & de Francisco, A. C. (2021). Towards a green and fast production system: Integrating life cycle assessment and value stream mapping for decision making. *Environmental Impact Assessment Review*, 87, 106519.
- Soares, L. C., Ferneda, E., & do Prado, H. A. (2022). Transportation and logistics observatories: Guidelines for a conceptual model. *Transportation research interdisciplinary perspectives*, 16, 100682.
- Vinodh, S., Ben Ruben, R., & Asokan, P. (2016). Life cycle assessment integrated value stream mapping framework to ensure sustainable manufacturing: a case study. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 18, 279-295.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (2007). *The machine that changed the world: The story of lean production--Toyota's secret weapon in the global car wars that is now revolutionizing world industry*. Simon and Schuster.
- Zolghadri, M., & Couffin, F. (2018). One-off or batch upgrading of complex products and systems: concepts, data model and analysis framework. *Research in Engineering Design*, 29, 263-284.