

---

# Jumeaux numériques appliqués à la supply chain : Domaines d'application

Youssef Meliani<sup>\*1</sup>, Evren Sahin<sup>1</sup>, and Zied Jemai<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire Génie Industriel – CentraleSupélec, Université Paris-Saclay – France

## Résumé

Afin de créer une infrastructure intelligente et agile intégrant produits, données, éléments physiques et opérations de la supply chain, le jumeau numérique de la supply chain (SCDT) émerge comme une solution prometteuse. Gerlach et al (2021) formulent une définition complète pour les SCDT en synthétisant les informations issues de la littérature recueillie. Ils la définissent comme un modèle de simulation numérique dynamique qui offre une connexion détaillée et à long terme avec le système logistique physique. Il peut représenter l'ensemble d'un réseau de valeur ou des parties de celui-ci, permettant aux utilisateurs de tirer des inférences, prendre des décisions et mettre en œuvre des actions dans le monde réel pour améliorer les performances logistiques globales.

Le SCDT est devenu de plus en plus connu après avoir été cité par Gartner parmi les huit principales tendances technologiques dans la chaîne d'approvisionnement en 2019 et 2020 (1).

Selon Chen et Paulraj (2), la supply chain conventionnelle représente un réseau de matières premières, d'informations, de services et de processus qui délimitent le flux d'approvisionnement, de transformation et de demande. Cette chaîne logistique peut se manifester comme un système interne au sein de l'entreprise ou s'étendre à l'externe, délimitant ainsi le périmètre de l'entreprise.

Un jumeau numérique de la supply chain (SCDT) englobe généralement un système logistique, mais l'étendue de sa couverture peut varier considérablement en fonction des limites établies pour différents systèmes logistiques. La portée d'un SCDT peut être influencée par l'examen de l'ensemble du réseau de valeur ou uniquement d'un segment spécifique. Selon (3), trois niveaux principaux peuvent être considérés :

- Niveau du Réseau :  
- SCDT d'un réseau de valeur multi-échelons ; offre une perspective globale de l'ensemble du réseau, en tenant compte de divers intervenants et de leurs interactions.
- Niveau du Site :  
- SCDT d'un site logistique ; se concentre sur des emplacements spécifiques au sein du réseau, tels que les entrepôts et les installations de production.

---

\*Intervenant

- Niveau d'Asset :  
- Jumeau numérique (JN ou DT) d'un asset logistique ; se penche sur des composants individuels tels que des camions, des chariots élévateurs et d'autres actifs au sein du système logistique.

Ces différents niveaux de portée permettent un examen nuancé de la chaîne logistique, de la vue d'ensemble de l'ensemble du réseau jusqu'à des analyses détaillées de sites spécifiques ou d'assets. La portée choisie dépend des objectifs de l'analyse et des aspects spécifiques de la chaîne d'approvisionnement qui nécessitent une attention particulière.

En se basant sur cette classification, cinq domaines d'application principaux pour les jumeaux numériques de la chaîne d'approvisionnement (SCDT) ont été identifiés grâce à une recherche systématique. Deux domaines d'application pour le niveau du réseau et trois pour le niveau du site.

*Domaines d'application au niveau du réseau :*

- Gestion du Réseau : Cela englobe des tâches globales telles que la gestion des risques, la gestion des stocks multi-échelons et l'évaluation de la durabilité. Cela nécessite des SCDTs qui représentent l'ensemble du système de valeur, y compris tous les intervenants, ce qui pourrait être particulièrement pertinent pour les entreprises disposant d'un réseau de sites et de fournisseurs répartis mondialement.
- Transport : Relatif au transport des marchandises et des matériaux au niveau du réseau, avec un accent spécifique sur la gestion du transport. Cette zone est distincte car elle implique des SCDTs qui modélisent uniquement des parties du système de valeur nécessaires au transport, excluant les processus de fabrication.

*Domaines d'application au niveau du site :*

- Manufacturing : Le domaine le plus documenté, impliquant des tâches telles que la planification de la production, le contrôle et la gestion des opérations sur le terrain. Les SCDTs représentent ici les installations de production, qui peuvent inclure des sites de fabrication ou des chantiers de construction.
- Entrepôts : Comprend des cas d'utilisation liés au stockage, au déplacement et à la récupération des marchandises et des matériaux. Les SCDTs représentent des entrepôts ou des centres de distribution et sont essentiels pour les responsables logistiques.
- Manutention de Marchandises : Se produit sur des sites d'infrastructure logistique tels que les aéroports et les ports. Les cas d'utilisation impliquent la planification de la répartition des véhicules extérieurs et la planification du chargement des marchandises, avec des SCDTs incluant le site et son rendement.

De plus, la prise de décision avec les jumeaux numériques (SCDT) peut être classée selon trois dimensions, à savoir opérationnelle, tactique et stratégique, chacune traitant de différents aspects de l'écosystème de la chaîne logistique.

Ainsi, nous proposons un cadre de classification qui intègre de manière transparente les trois niveaux de la portée des SCDT avec les dimensions distinctes de la prise de décision - opérationnelle, tactique et stratégique. Il offre une approche structurée pour comprendre comment les jumeaux numériques contribuent à la prise de décision à travers différentes portées dans l'environnement dynamique et interconnecté de la chaîne logistique.

*Horizon de la prise de décision :*

- Prise de Décision Opérationnelle :

Au niveau opérationnel, les jumeaux numériques utilisent des algorithmes intelligents pour améliorer et automatiser les processus de prise de décision. Ce niveau se concentre sur les ajustements en temps réel et les améliorations dans diverses activités de la chaîne logistique. Par exemple, une installation de manufacturing peut rapidement adapter son plan de produc-

tion en fonction des perturbations chez les fournisseurs de bas niveau, démontrant l'impact immédiat des jumeaux numériques sur l'efficacité opérationnelle.

- Prise de Décision Tactique :

Le niveau tactique implique la modélisation de scénarios à l'aide des jumeaux numériques, permettant une prise de décision rapide qui améliore les performances globales de la chaîne d'approvisionnement. Ce niveau prend en compte des facteurs tels que la réaffectation des stocks et les ajustements des niveaux de stock en fonction de la demande réelle et prévue. Par exemple, un détaillant multinational pourrait utiliser des jumeaux numériques pour optimiser la distribution des stocks entre les entrepôts et réagir rapidement aux conditions changeantes du marché.

- Prise de Décision Stratégique :

Au niveau stratégique, les jumeaux numériques sont utilisés pour simuler et évaluer divers scénarios de la chaîne logistique, soutenant la planification à long terme et la prise de décision. Ce niveau implique des décisions qui affectent significativement la conception et le fonctionnement global de la chaîne d'approvisionnement. Par exemple, une entreprise pourrait utiliser des jumeaux numériques pour changer ses tactiques d'approvisionnement à des fins de durabilité, ou pour décider stratégiquement où ouvrir un nouveau centre de distribution.

### **Discussion et perspectives**

Nos travaux visent à faire progresser la compréhension et la mise en œuvre des jumeaux numériques (DT) dans la Supply Chain et logistique, offrant des perspectives précieuses aux chercheurs, praticiens et décideurs dans ce domaine.

La contribution scientifique de nos travaux peut être résumée dans les points suivants. (1) offrir une vision complète des jumeaux numériques appliqués à la Supply Chain, en termes d'application et de méthodes. (2) classifier les modèles utilisés en fonction de leur fonctionnement offline ou online, et en identifiant les différentes méthodes d'aide à la décision associées. (3) proposer une roadmap d'implémentation de jumeaux numériques spécifiquement adaptée à la Supply Chain.

Cette contribution anticipée a le potentiel de fournir des insights significatifs pour la conception et l'application de jumeaux numériques dans des environnements de gestion de la Supply Chain, tout en adressant les limitations actuelles des modèles existants.

### **Références**

(1) Costello Katie, "Gartner Survey Reveals Digital Twins Are Entering Mainstream Use," <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2019-02-20-gartner-survey-reveals-digital-twins-are-entering-mainstream-use>.

(2) I. J. Chen and A. Paulraj, "Towards a theory of supply chain management: the constructs and measurements," *Journal of Operations Management*, vol. 22, no. 2, pp. 119–150, 2004, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jom.2003.12.007>.

(3) B. Gerlach, S. Zarnitz, B. Nitsche, and F. Straube, "Digital Supply Chain Twins-Conceptual Clarification, Use Cases and Benefits," *Logistics*, vol. 5, no. 4, p. 86, 2021, doi: [10.3390/logistics5040086](https://doi.org/10.3390/logistics5040086).