

# Rapport d'avancement Modèles d'Apprentissage Profond Fédérée Explicable sur Jumeaux Numériques pour l'Agriculture Intelligente

Karim Houidi

07/04/2023

## 1 Introduction

Le jumeau numérique (DT) est une représentation numérique d'un actif physique qui peut être utilisée pour décrire ses propriétés, son état et son comportement par la modélisation, l'analyse et la simulation.

Les jumeaux numériques peuvent aider les machines-outils à effectuer leurs tâches de surveillance et de dépannage de manière autonome du contexte de la fabrication intelligente. Pour cela, un type spécial de jumeau appelé jumeau basé sur le signal du capteur doivent être construits et adaptés dans les systèmes cyber-physiques. Le jumeau doit apprendre automatiquement les connaissances des ensembles de données de signaux de capteur historiques, interagir de manière transparente avec les signaux de capteur en temps réel, gérer les ensembles de données sémantiquement annotés stockés dans les nuages, et s'adapter au délai de transmission des données. Le développement de tels jumeaux n'a pas encore été étudié en détail.

## 2 Conception de juméaux numériques

Le concept DT a été inventé par M.Grieves dans un livre blanc (S'afflige, 2014) en tant qu'unification des actifs virtuels et physique dans le cycle de vie du produit.

Resultat: outils logiciels commerciaux pour développer DT (Predix et Simcenter).

Autre concept des jumeaux numériques remonte aux années 1960, lorsque la NASA a lancé l'idée du jumelage dans le cadre de son programme Apollo visant à créer des doubles physiques sur Terre qui correspondent à leurs systèmes dans l'espace. L'idée leur a permis de simuler divers scénarios, de tester différents cas et conditions et d'évaluer le comportement et les performances de leurs

systèmes. Il a pris de l'élan lorsque le jumeau est venu à la rescousse après que des problèmes techniques dans la mission Apollo 13 ont été résolus par des ingénieurs sur terre en testant des solutions possibles sur le jumeau au sol. Plus tard, ce n'est qu'au début des années 2000 que Michael Grieves a introduit le concept de jumeaux numériques pour l'industrie manufacturière en créant des répliques virtuelles d'usines pour surveiller leurs processus, prévoir les défaillances et augmenter leur productivité. Le concept a gagné en attention et en ampleur après avoir été classé parmi les 10 principales tendances technologiques stratégiques en 2017 par Gartner, et adopté par de nombreux géants de l'industrie comme Siemens et General Electric.

- le jumeau numérique peut être conçu de deux manières principales. Une possibilité consiste à créer un modèle système de l'objet physique. L'autre possibilité consiste à créer une structure de données qui organise et relie les données du capteur et d'autres informations.
- Digital twin ontologies : DT qui utilise des ontologies pour permettre la co-évolution avec le CES (systèmes d'ingénierie complexes) en assimilant les données en termes de variété, de vitesse et de volume tout au long du cycle de vie des actifs.
  - Collecte et stockage de cycle de vie des produit, utilisant technologie de l'IdO, possible avec des plates-formes PLM ou ERP
  - Gestion des données: \* Approches décentralisées(-plus redondants, +plus sûres, -beaucoup d'efforts pour diffuser les changements)  
 Approches centralisées (+meilleures pour gérer les changement de données, +moins redondants, +utilisent un référentiel central pour gérer et fournir de données à chaque logiciel à la demande  
 Approches linguistique partagées: conservent les avantages centralisateurs
- Architectures abstraites qui soutiennent la définition du système sous-jacent d'un DT et de ses éléments structurels de base. L'une des architectures les plus connues est RAMI, qui fournit des packages structurés et des clusters, y compris des couches DT, et dont l'élément central est l'Asset Administration Shell (AAS). L'AAS est la représentation numérique d'un actif, qui peut consister en sous-modèles, avec leurs propriétés, les opérations qu'il peut effectuer et les événements qui lui sont associés.

Un exemple de plateforme qui prend en charge la création de DT est uDiT (Universal Digital Twin Platform). Il fournit un middleware de communication basé sur OMG DDS, une interface de moteur de temps d'exécution de middleware et DT, des fonctions de co-simulation basées sur l'interface de maquette fonctionnelle (FMI), et des passerelles pour la conversion de médias et de protocoles. Utilisés Apache Kafka, qui prend en charge la communication de données distribuée en temps réel. Sur la base de ce

courtier, une solution de microservice a été mise en œuvre pour soutenir le développement de DT.

- Solutions commerciales: Siemens propose MindSphere, une plateforme capable de gérer un nombre pertinent de flux de données et de connecter des appareils et des machines pour créer des DT. General Electric propose Predix, une plate-forme de soutien à la création de DT pour l'analyse et la surveillance, capable de collecter des données issues de nombreux processus de fabrication ou industriels. IBM propose la plateforme Watson IoT capable de gérer les données en temps réel, qui offre des fonctionnalités supplémentaires telles que l'analyse des données et les services basés sur le cloud.
- Solutions open source telles que Ditto et le RAMI AAS permettent de pallier le manque de ressources limitées. La première est une plateforme axée sur la fourniture d'une solution fiable pour le développement de DT. Ditto s'appuie sur le concept de Thing, qui sont décrits par Features and related information model. Comme AAS utilise le concept de sous-modèles, Ditto est basé sur des blocs fonctionnels, qui permettent d'organiser des propriétés, des actions et des événements. FIWARE est une autre alternative open-source bien connue, où les DT sont des entités numériques représentant un actif physique réel.
- La plateforme Clawdite a été conçue pour répondre au besoin récurrent d'une solution capable de prendre en charge la création de DT dans différentes applications de fabrication.

Digital Twin Augmenté : un système complexe qui interagit non seulement avec son entité réelle, mais aussi avec son environnement et d'autres jumeaux numériques. Le système de jumeaux numériques augmentés comprend la contrepartie numérique et son environnement, la relation avec d'autres jumeaux numériques, l'entité physique et son environnement, la relation avec d'autres entités physiques. Ils communiquent entre eux, changent simultanément, interagissent et se touchent mutuellement.

Juméau Numérique Hmain : HDT est basé sur le modèle Augmenté Digital Twin, compose de deux parties, l'entité physique, la contrepartie virtuelle et la communication bidirectionnelle entre elles, des entourages et d'autres entités (ici d'autres personnes réelles) sont ajoutés à l'espace physique, et des environnements virtuels et d'autres jumeaux numériques sont ajoutés au cyberspace, respectivement

### 3 Application du jumeau numérique

Le moyen le plus important de parvenir à une fabrication intelligente et création de jumeaux numériques est l'intégration physique cybernétique, qui sera rendue possible par le développement de l'Internet des objets (IOT), de l'informatique

en nuage (CC), de l'analyse des mégadonnées (BDA) et de l'intelligence artificielle.

Actuellement, comme la modélisation mathématique, l'intelligence artificielle, l'informatique en nuage, la chaîne de blocs, les mégadonnées, l'analyse de données, l'Internet des objets, le réseau à haute vitesse, la 5G et ainsi de suite, offrent la possibilité de développer Digital Twin. De ce point de vue, Digital Twin trouvera une large utilisation à l'avenir.

## 4 Conclusion

Il n'existe pas de définition unique du jumeau numérique, et de nombreux auteurs ont élaboré leurs propres définitions. Par exemple, un jumeau numérique doit être défini comme une représentation numérique d'un objet du monde réel en se concentrant sur l'objet lui-même ou comme une simulation intégrée multi-physique, multi-échelle et probabiliste d'un système tel qu'il est construit, rendue possible par Digital Thread, qui utilise les meilleurs modèles disponibles, les informations de capteur et les données d'entrée pour refléter et prédire les activités/performances pendant la vie de son jumeau physique correspondant : Le modèle conceptuel de Digital Twin comporte essentiellement trois parties principales :

1. Produit physique dans l'espace physique ;
2. la contrepartie virtuelle du produit physique dans le cyberspace;
3. Interface d'interaction de données et d'informations entre l'espace physique et le cyberspace.