

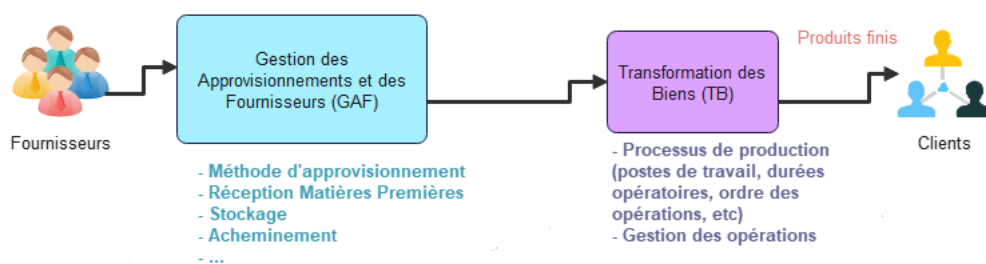
## TP4

# Conception et Développement d'un Digital Twin pour le Pilotage de la Performance d'un système de production

### Objectif

L'objectif du TP4 de Modélisation Analyse et Evaluation de performances est de réaliser une simulation 3D d'un jumeau numérique (**Digital Twin**) d'un système physique de production de biens ou de services (figure 1).

#### Production de biens



#### Production de services

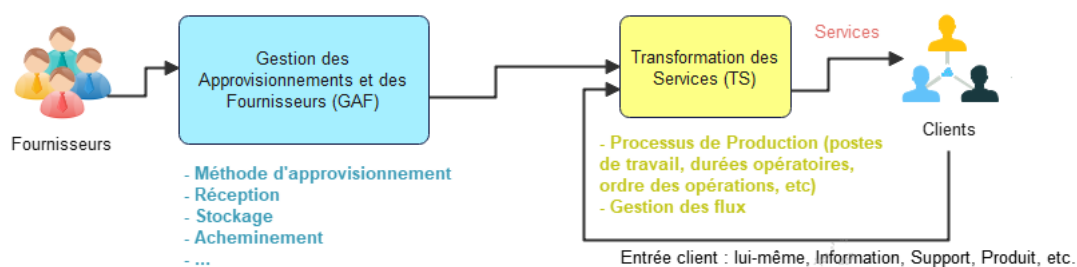


Figure 1 : Systèmes de production.

Dans le cadre de ce TP, nous décomposons le système physique en deux sous-systèmes qui collaborent ensemble : (1) un sous-système pour la Gestion des Approvisionnements et des Fournisseurs (GAF) et (2) un sous-système pour la Transformation des Biens (TB) ou des Services (TS).

Le TP se déroule en deux phases. La première phase consiste en le choix et la conception du système physique. La deuxième phase consiste en la conception d'un Digital Twin et de sa simulation 3D avec les logiciels **AnyLogic** et **AnyLogistix** pour le pilotage du changement de votre système.

## **Groupe de travail**

Ce TP se fera par groupe **de (04) étudiants** (union de 02 binômes) ou par groupe de **(03) étudiants** (les trinômes restent inchangés). Pour le groupe 1, il y aura une fusion d'un trinôme et d'un binôme (nombre non divisible par 4). Pour ce groupe de travail, vu qu'ils seront 5 étudiants, vous devez rajouter une partie supplémentaire relative à **l'expédition client**.

Pour les quadrinômes, un binôme se charge du sous-système GAF et l'autre binôme se charge du sous-système TB ou TS. Les binômes doivent travailler en étroite collaboration pour **fournir un SEUL système et, par suite, un SEUL modèle**.

Pour les trinômes, le travail doit être réparti équitablement entre les membres du groupe.

### **1. Choix et description du système physique de production**

#### **1.1 Cahier des charges**

Le cahier de charges porte sur trois aspects : le domaine d'activités, le sous-système de transformation de biens ou de services et le sous-système de gestion des approvisionnements et des fournisseurs.

##### **- Définition du domaine d'activités**

Votre choix doit se porter sur l'un des domaines suivants :

- **Production manufacturière de biens** : il s'agit de choisir une ligne de production complète d'une entreprise opérant dans un domaine autre qu'agro-alimentaire.
- **Production manufacturière de biens dans le domaine agroalimentaire** : il s'agit d'un système qui fabrique des produits avec des particularités liées au système de stockage, de transformation et de conservation des produits.
- **Production de services dans le domaine hospitalier** : il s'agit de choisir un hôpital avec un ensemble de soins à réaliser pour des patients selon un ordre bien défini dans un service donné. Chaque patient aura son propre parcours dans ce service. Un soin peut être un bilan sanguin, des radios, une intervention chirurgicale, etc.
- **Production de services dans le domaine de l'agriculture, l'élevage, la pêche et l'aquaculture** : il s'agit de choisir une entreprise dans un secteur donné qui réalise un ensemble de traitements (fertilisation, etc.) sur des produits (plantes, animaux, ...) selon un ordre bien défini.
- **Production de services** : il s'agit de choisir une entreprise qui réalise un ensemble de services dans un domaine de votre choix (autre que le domaine hospitalier, d'agriculture, d'élevage, de pêche et d'aquaculture).

##### **- Description du sous-système de transformation**

Selon votre domaine d'activités, vous êtes concernés soit par la transformation des biens soit par la transformation des services.

- **Transformation de biens** : pour cette partie vous devez définir toutes les entités physiques qui composent votre ligne de production. Il faut préciser tous les produits (matières premières, produits semi-finis et produits finis), les postes de travail (entre 3 et 4 postes), la nomenclature et la gamme de production de chaque produit fini (entre 2 et 3 produits finis), les moyens d'acheminement des produits d'un poste à un

autre, d'un stock à un poste, d'un poste à un stock. Il est important de définir tout élément nécessaire à la description du système que vous avez choisi.

- **Transformation de services** : dans ce cas, vous devez définir les services que vous avez choisis de proposer aux clients ou aux produits de votre étude de cas. Il faut détailler les différentes activités (entre 2 et 3 activités) de la transformation qui va permettre de rendre le service au client (par exemple, les soins médicaux à fournir à un patient). Pour chaque activité, il faut définir sa durée, les ressources, humaines (opérateur, médecin, etc.) et matérielles (postes de travail, salles, produits, etc.), nécessaires pour sa réalisation, les moyens d'acheminement d'un poste à un autre ou entre les stocks et les postes. Il est important de définir tout élément nécessaire à la description du système que vous avez choisi.

- **Description du sous-système de gestion des approvisionnements et des fournisseurs**

Il s'agit de définir toutes les entités liées à la gestion des fournisseurs, la méthode d'approvisionnement, la réception de la marchandise et le stockage des matières premières. Pour la transformation des biens, il faut également décrire le magasinage des produits semi-finis et finis ainsi que la distribution vers les clients. Pour la transformation de services, il faut décrire les éventuels dossiers, magasins (exemple pour les déchets dans le domaine hospitalier), .... Tous les éléments physiques et informationnels ainsi que toutes les méthodes de gestion utilisées doivent être détaillées.

**Remarque** : il est important de personnaliser votre système de production et de garantir son aspect réaliste.

## 1.2 Livrable TP4-1

Le premier livrable du TP4 est un document présentant en détail votre étude de cas :

- Une description de votre système physique de production en détaillant les deux sous-systèmes de transformation et de gestion des approvisionnements et des fournisseurs selon les spécifications du cahier des charges (paragraphe 1.1).
- Une proposition d'au minimum trois indicateurs pour évaluer et suivre les performances de chaque sous-système.

Ce premier livrable doit être rendu au plus tard **le mercredi 05/04/2023 à 18H. Le document ne doit pas dépasser 04 pages.**

Chaque trinôme ou quadrinôme doit envoyer par mail un **lien drive** avec son document intitulé IIA4-GXY-TP41-Nom-Nom-Nom-Nom avec GXY : G11 ou G12 ou G21 ou G22 et les noms des étudiants de chaque trinôme (ou quadrinôme) (uniquement le nom de famille).

## 2. Pilotage du changement à base d'un Digital Twin

### 2.1 Modélisation et simulation 3D du système physique

**Travail demandé (2.1)** :

- Modéliser votre système physique de production en utilisant **AnyLogic** pour le sous-système de transformation et **AnyLogistix** pour le sous-système de gestion des approvisionnements et des fournisseurs. Il faut représenter les différents éléments choisis en ajustant leurs paramètres afin que le modèle soit à l'image du cas réel.

- Proposer un scénario de transformation de biens ou de services et un scénario pour la gestion des approvisionnements et des fournisseurs.
- Effectuer les simulations nécessaires pour le suivi des indicateurs proposés et l'évaluation des performances de votre système.
- Analyser les résultats obtenus.

## 2.2 Développement et mise en œuvre du Digital Twin

Nous proposons dans cette partie de combiner le modèle de simulation obtenu dans la section 2.1 avec des données de son homologue réel pour créer ainsi un Digital Twin (Figure 2). Les échanges des flux de données permettent d'adapter la représentation en fonction de scénarios d'anticipation ou pour suivre une évolution en temps réel afin d'améliorer l'accès à l'information et la prise de décision.

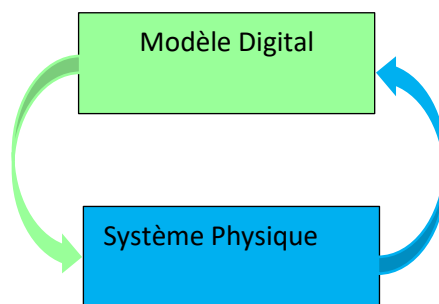


Figure 2 : Digital Twin.

Dans notre cas, les flux de données reçus par le Digital Twin peuvent être introduits par une ressource humaine (opérateur, fournisseur, etc.) du système physique ou un système d'information, etc. Les flux de données envoyés par le Digital Twin peuvent être reçus par une ressource humaine sur un smartphone, un écran de visualisation, etc.

### Travail demandé (2.2) :

- Décrire les protocoles de communication entre le jumeau numérique et le système physique.
- Proposer et mettez en œuvre un scénario d'anticipation pour la gestion d'un changement au niveau de votre système physique.
- Effectuer les simulations nécessaires à la gestion du changement du système physique. Donner l'évolution des indicateurs proposés, analyser les résultats obtenus et évaluer les performances de votre système.
- Mener une étude comparative pour mettre en évidence l'apport du Digital Twin.

## 2.2 Livrable final TP4-2

C'est un dossier contenant tout le travail du TP4. Il doit contenir :

- Un document de synthèse récapitulant, dans l'ordre, le contenu du Livrable TP4-1 et un compte rendu détaillant le travail demandé (2.1) et (2.2) dans la section 2 avec les différentes captures d'écran. Le document de synthèse **ne doit pas dépasser 35 pages** (les 35 pages incluent la partie du livrable TP4-1).

- Toutes les applications développées et tous les fichiers exécutables.

Le Livrable final doit être rendu au plus tard **le dimanche 16/04/2023 à 14H.**

Chaque trinôme ou quadrinôme doit envoyer par mail un **lien drive** avec son **dossier** intitulé IIA4-GXY-TP42-Nom-Nom-Nom-Nom avec GXY : G11 ou G12 ou G21 ou G22 et les noms des étudiants de chaque trinôme (ou quadrinôme) (uniquement le nom de famille).

**La présentation de vos travaux se fera au cours de la semaine du 17/04/23** selon un planning qui vous sera communiqué ultérieurement.