



# Jumeaux numériques

## Concepts clefs

A destination des étudiants de  
première année master ingénieur civil mécanicien

Alex Bolyn – Février 2023

**Définitions**

**Intérêts**

**Conception**

**Exemples**

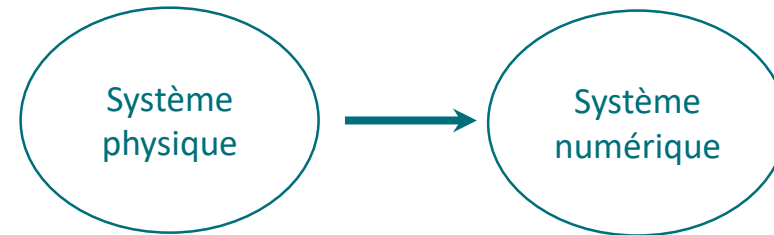
## 3 « catégories »

Il existe trois catégories différentes ...

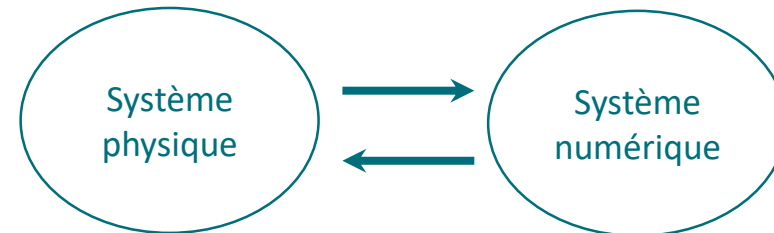
Modèle numérique (digital model)



Ombre numérique (digital shadow)



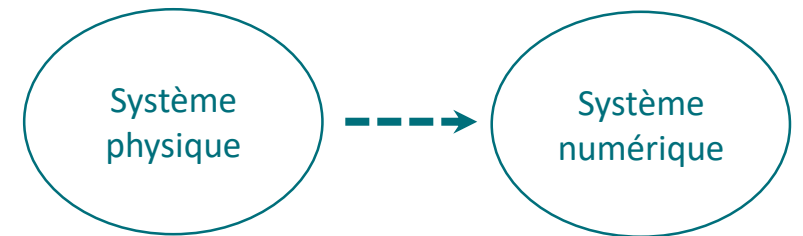
Jumeau numérique (digital twin)



## Définition complète : minimum

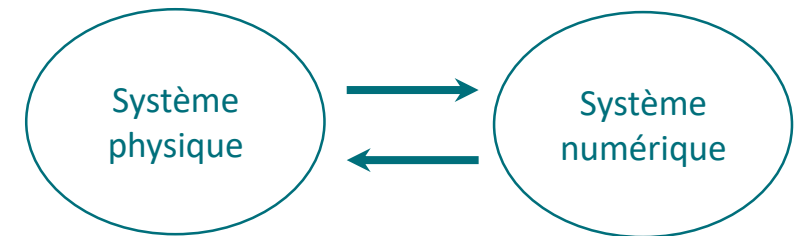
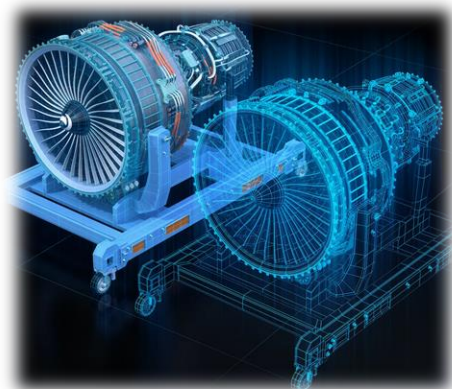
Au minimum, un jumeau numérique est ...

Une représentation numérique d'un système physique très détaillée et basée sur des données provenant du monde physique. Cette représentation numérique permet notamment de visualiser le système physique, de manipuler virtuellement ce système et d'effectuer rapidement des simulations et des tests en sécurité.

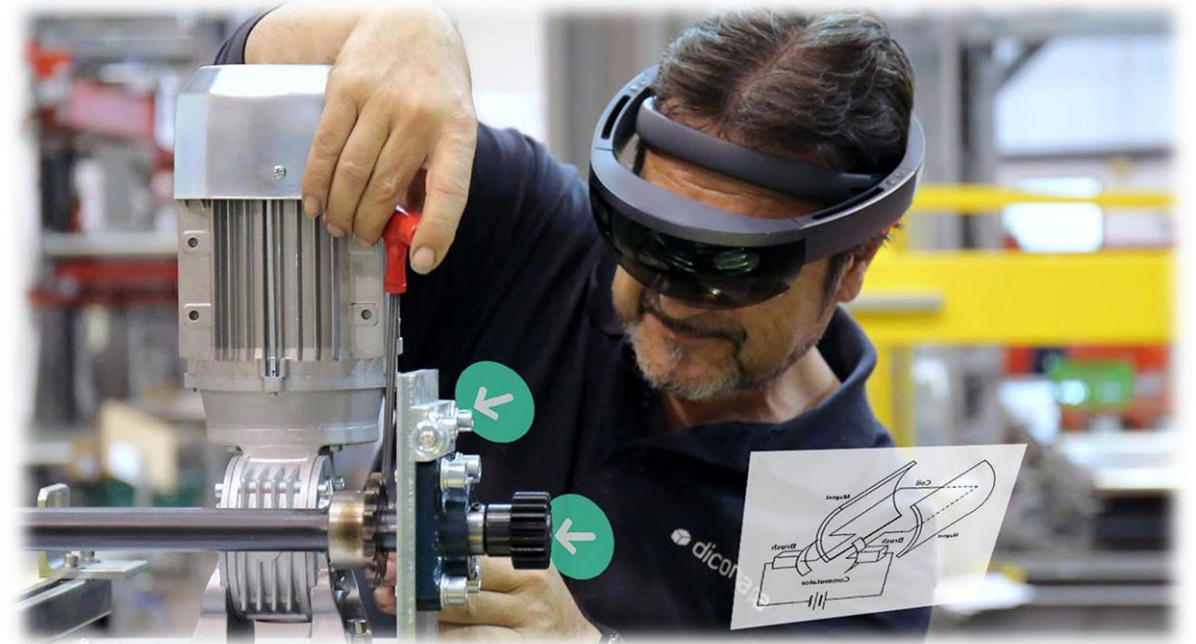


## Définition complète : maximum

Représentation numérique très fidèle d'un système physique, c'est-à-dire une copie numérique se remettant constamment à jour via les données reçues du monde physique et une copie physique se remettant constamment à jour via les données reçues du monde numérique. Le modèle numérique est capable d'effectuer des simulations mais aussi d'analyser et d'anticiper les événements du monde physique.



## Conception et utilisation



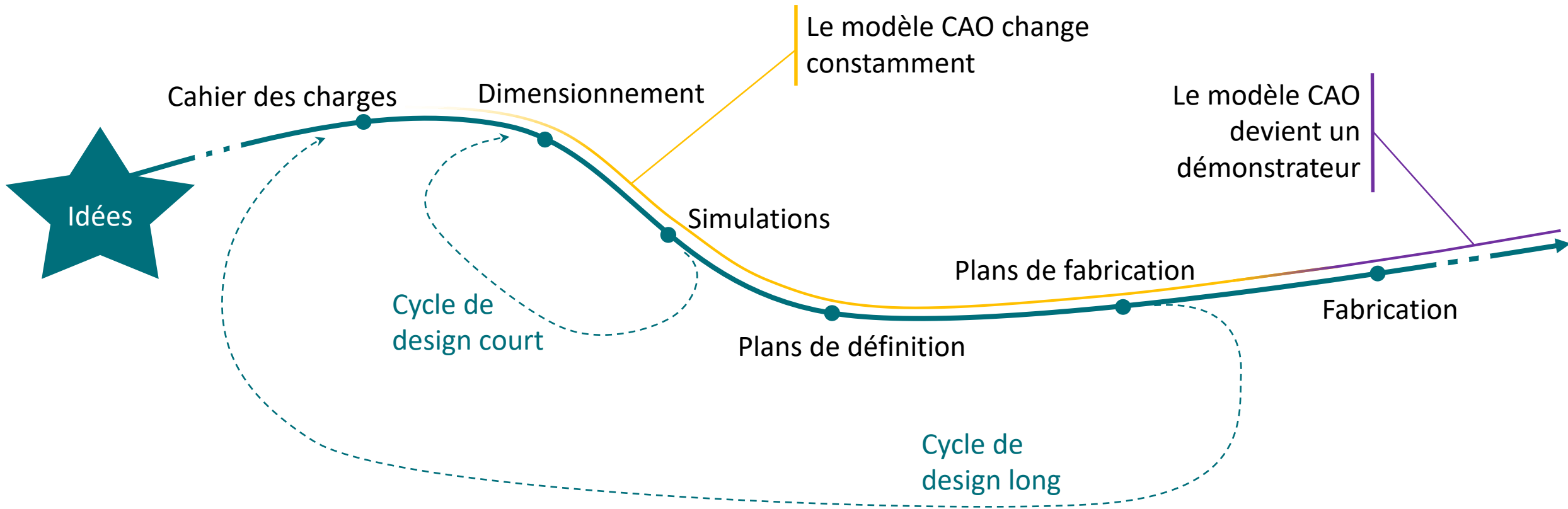


## Données, prédictions et automatisation



# Conception

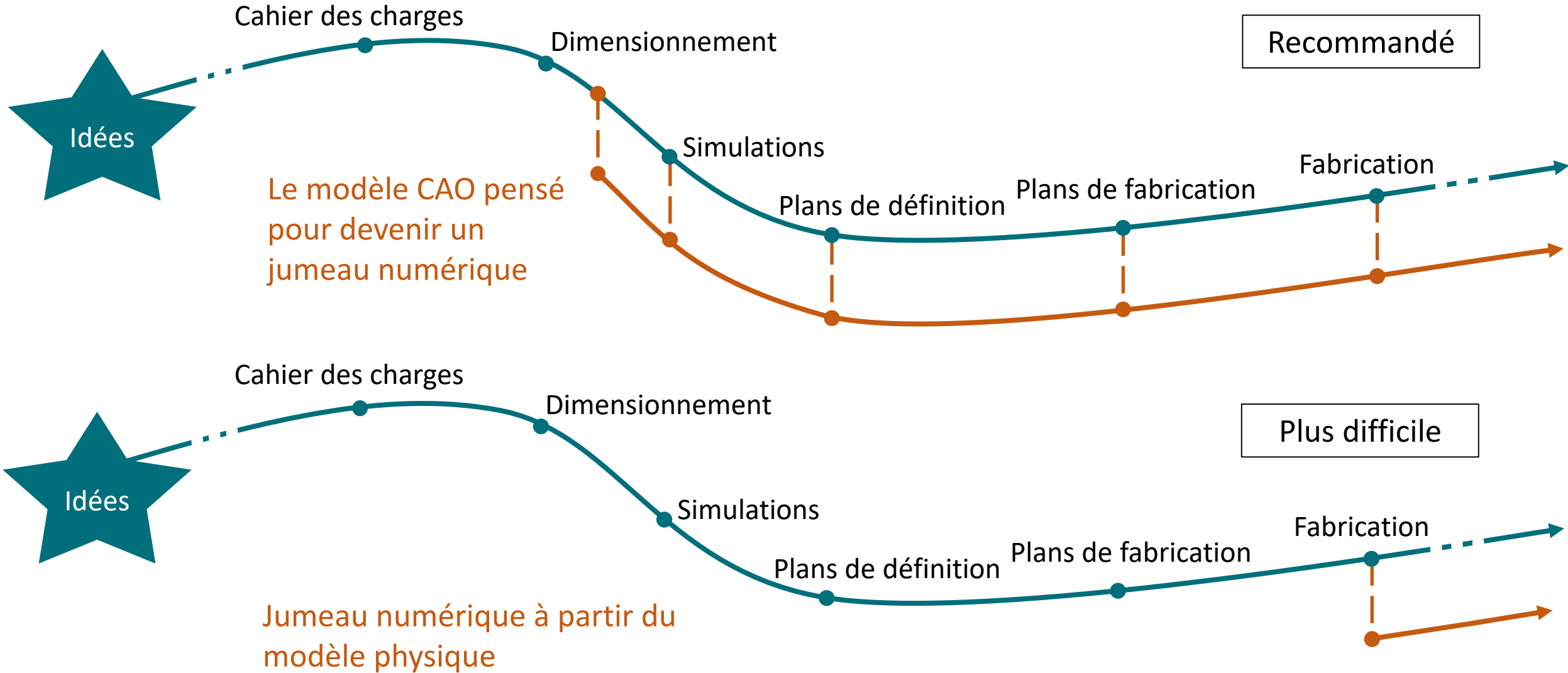
Quand ?





# Conception

Quand ? Deux choix...



1

### But recherché

Objectifs du jumeau numérique ?

Démonstrateur, surveillance, simulation, anticipation, ...

2

### Contenu du jumeau numérique

De quoi avons-nous besoin ?

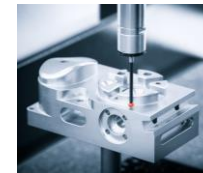
Quelles sont les informations qui doivent être transmises ? Sont-elles toutes nécessaires ? Doit-on avoir un modèle CAD ou un simple tableur suffit ?

3

### Implémentation

Comment mettre tout ça en place ?

Choisir les capteurs en fonction des paramètres à mesurer, de l'espace disponible sur le jumeau physique, des moyens de télécommunication, ...



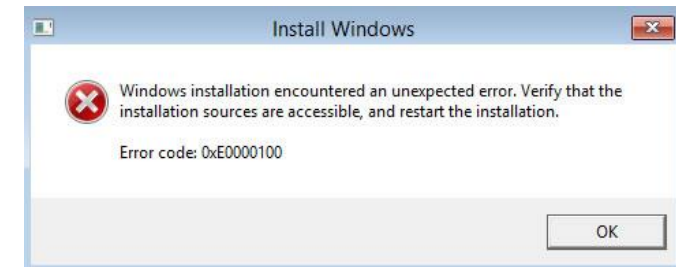
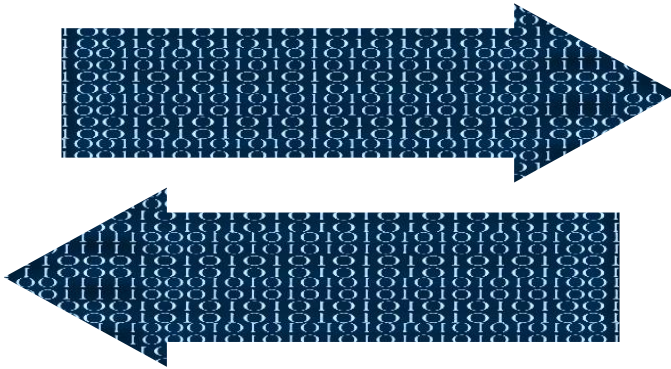
Si modèle CAD, choisir le logiciel adapté à notre utilisation



Si pas de modèle CAD nécessaire, travailler via un script ou un tableur ? S'il est nécessaire de programmer, quel langage et quelle interface ?

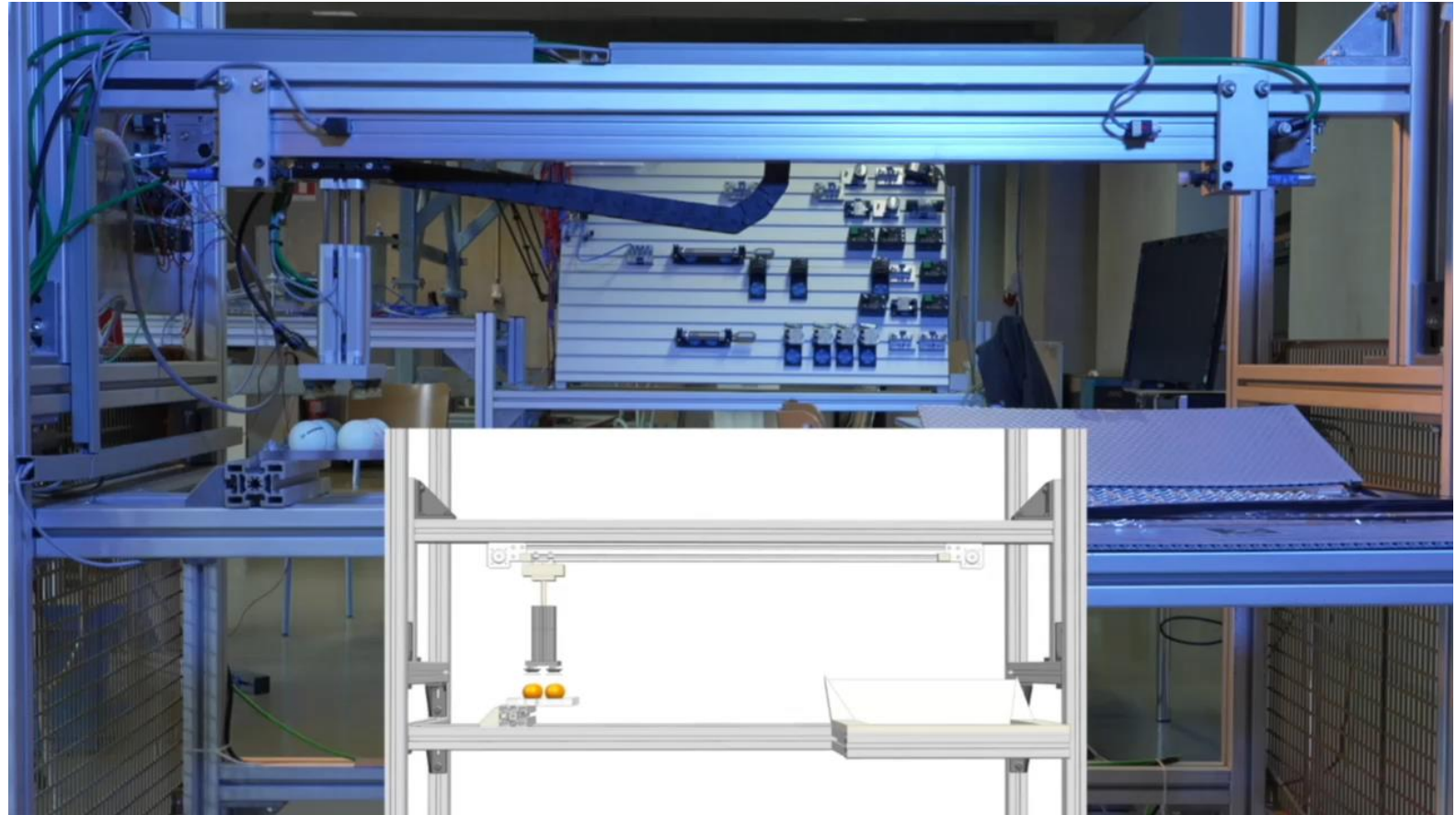
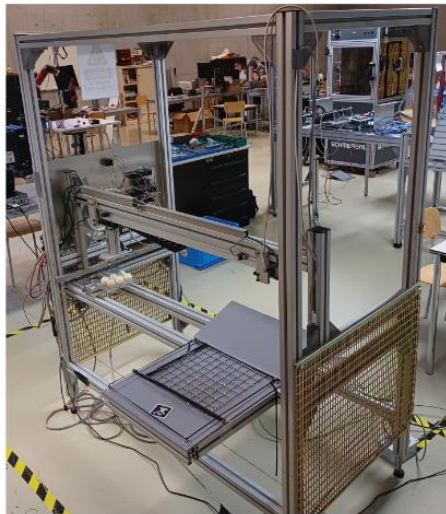
# Conception

## Difficultés et risques



# Exemples

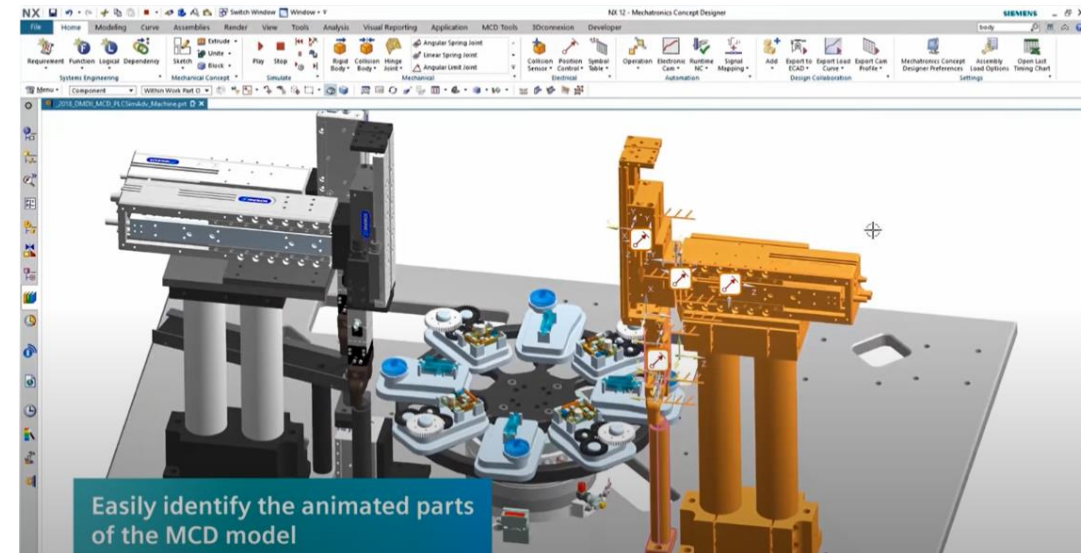
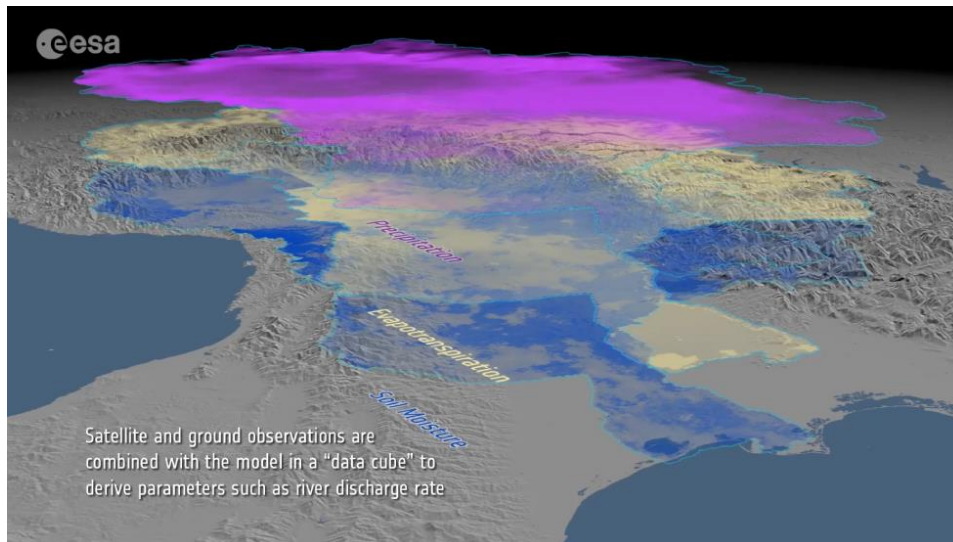
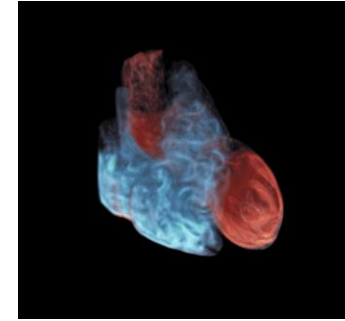
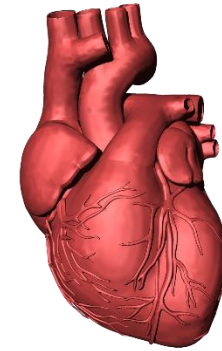
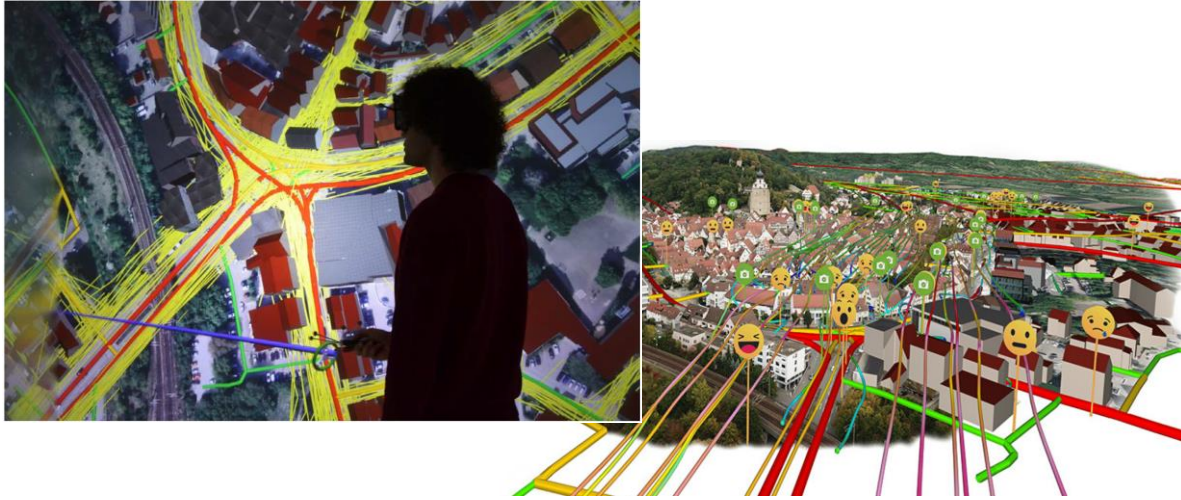
En mécanique





# Exemples

Mais dans d'autres domaines aussi...



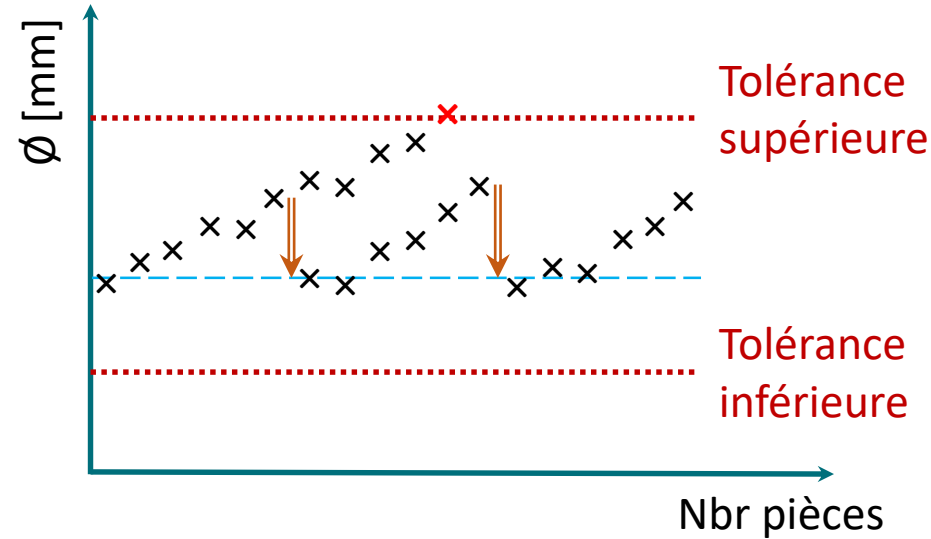
# Exemples

Projet DTA à l'Uliège : aéroport de Liège

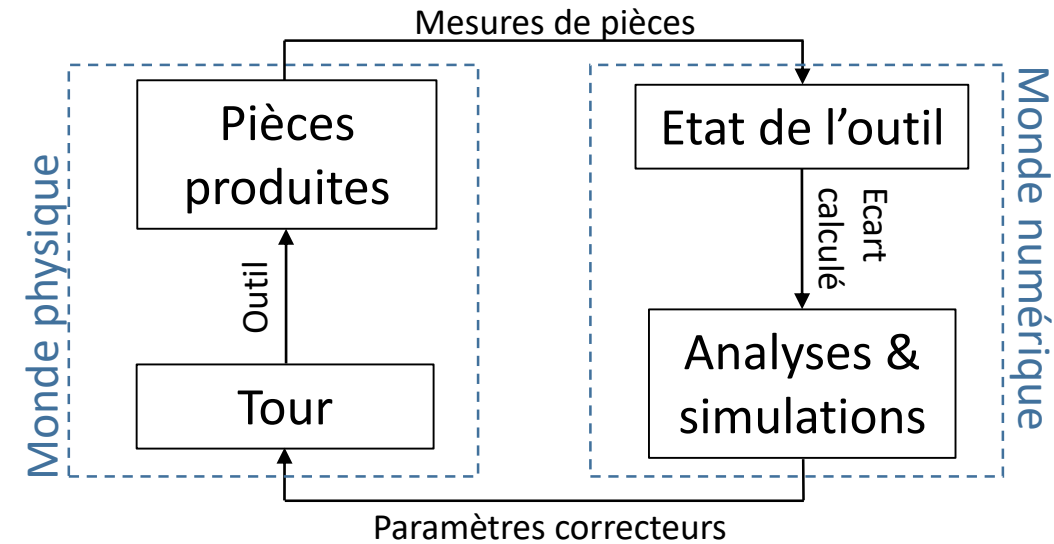
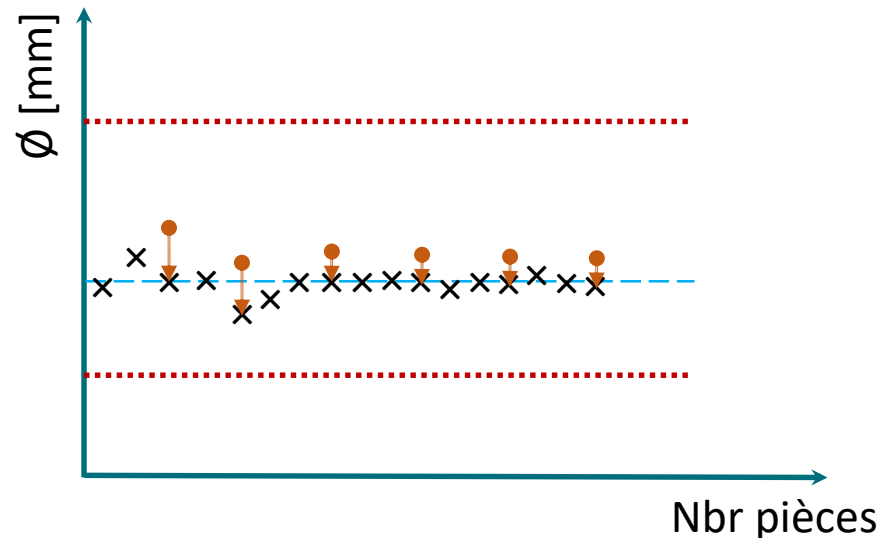


# Exemples

## Projet DTA à l'Uliège : usure d'outil



Difficile de mesurer directement l'usure  
→ L'interpréter via d'autres données : cotes, vibrations, consommation, etc.



- Les jumeaux numériques sont utiles à l'ingénieur et l'industrie et sont en plein développement
- Le concept clé des jumeaux numériques est l'adaptation de l'un vers l'autre
- Le challenge principal est d'avoir une bonne utilisation des données et un bonne gestion du flux de celles-ci
- Le modèle CAO de départ peut servir à réaliser un jumeau numérique mais il n'est pas nécessaire qu'un jumeau numérique soit un modèle CAO
- Il est plus aisé et intéressant de réaliser le modèle CAO en vue de devenir le jumeau numérique

Cours en ligne



→ <https://digital-twin-academy.eu/training-modules/>

Vidéo explicative de la création d'un jumeau numérique d'un projet intégré de mécanique (lien entre jumeaux numérique, NX Motion et NX MCD) :

<https://www.youtube.com/watch?v=YdhcKbau4Gs>



- Liljaniemi, Antti and Paavilainen, Heikki. "Using Digital Twin Technology in Engineering Education – Course Concept to Explore Benefits and Barriers" *Open Engineering*, vol. 10, no. 1, 2020, pp. 377-385. <https://doi.org/10.1515/eng-2020-0040>
- Béchet Eric. "Cours de communication graphique Bloc 1 bacheliers ingénieurs civils", 2022, pp. 30
- Yang D, Karimi HR, Kaynak O, Yin S. "Developments of digital twin technologies in industrial, smart city and healthcare sectors: a survey." *Complex Eng Syst* 2021;1:3. <http://dx.doi.org/10.20517/ces.2021.06>
- S. K. Pal et al., "Digital Twin – Fundamental Concepts to Applications in Advanced Manufacturing", Springer Series in Advanced Manufacturing, pp. 1-20. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-81815-9\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-81815-9_1)
- Siemens Healthineers, video "Developing a digital twin of the heart". <https://www.youtube.com/watch?v=BbgTw83z8AQ> (consulté le 30 novembre 2022)
- Dembski, F.; Wössner, U.; Letzgus, M.; Ruddat, M.; Yamu, C. Urban Digital Twins for Smart Cities and Citizens: The Case Study of Herrenberg, Germany. *Sustainability* **2020**, *12*, 2307. <https://doi.org/10.3390/su12062307>
- Fabian Dembski, vidéo "The Herrenberg Digital Twin". <https://www.youtube.com/watch?v=hNiRhOLDdeY> (consulté le 30 novembre 2022)
- ESA, vidéo "Digital Twin Hydrology". [https://www.esa.int/ESA\\_Multimedia/Videos/2021/10/Digital\\_Twin\\_Hydrology](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2021/10/Digital_Twin_Hydrology) (consulté le 30 novembre 2022)

- European Commission, "Destination Earth". <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/destination-earth> (consulté le 30 novembre)
- HEC VR Lab - M. Schyns, vidéo "Digital Twin Liege Airport – ASLB". <https://www.youtube.com/watch?v=yRuA41QD07I> (consulté le 30 novembre 2022)
- Yang Xie, Kunlei Lian, Qiong Liu, Chaoyong Zhang, Hongqi Liu, "Digital twin for cutting tool: Modeling, application and service strategy", Journal of Manufacturing Systems, Volume 58, Part B, 2021, Pages 305-312, ISSN 0278-6125, <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2020.08.007>