



**Plan National de Formation - 16 janvier 2019**  
**CYCLE TERMINAL DES SCIENCES DE L'INGÉNIEUR**

# **JUMEAUX NUMERIQUES**

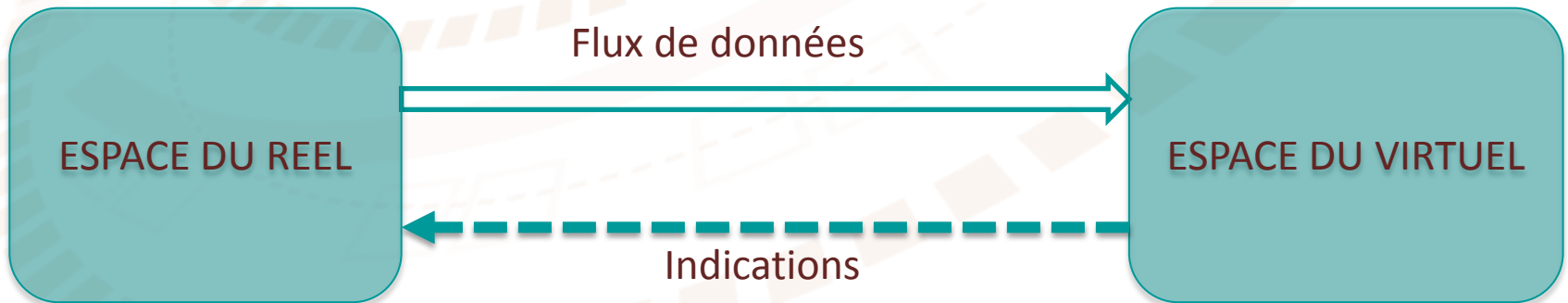
## Concept

Michael Grieves: « Il est possible de créer une expression numérique des informations d'un système physique.

Ces informations numériques constituent ainsi une sorte de « jumeau » des informations qui composent le système physique. Elles sont liées à ce système physique et le seront tout au long de son cycle de vie. »

## Objectif

Accéder à toutes les informations concernant un produit sans le posséder physiquement



## Définition

Un jumeau numérique est une réplique numérique d'un produit physique doté de capteurs qui l'informent en permanence de l'état du réel.

1995-2002

« Information Mirroring Model »

Représentations numériques d'objet physique en 3D

2003-2014

Naissance du concept de jumeaux numériques

Simulation d'après résultats de mesures capteurs

2015...

Jumeaux numériques et IoT

Objet physique connecté au virtuel en permanence

Un jumeau numérique se compose donc :

- d'une modélisation 3D du produit physique;
- de capteurs;
- de systèmes d'analyse.

# JUMEAUX NUMERIQUES- APPORTS

## Conception

- conception optimisée par des essais numériques qui peuvent être nombreux,
- validation de solution avant production.

## Maintenance prédictive

- connaissance des pannes en amont du réel,
- préparation des interventions avant la panne,
- baisse du temps d'immobilisation.

## Optimisation de fonctionnement

- réglages sur le virtuel sans immobilisation du réel,
- « machine learning ».

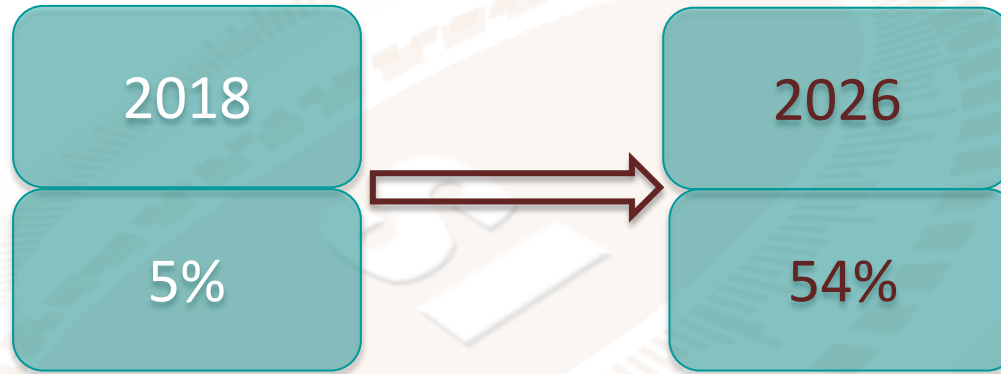
## Formation des opérateurs

- apprentissage sur le virtuel



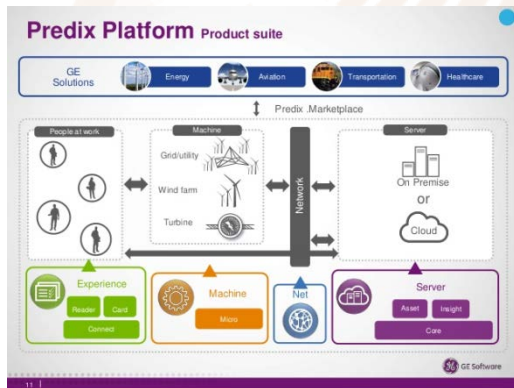
**Baisse des coûts**

## Usage



## Les spécialistes

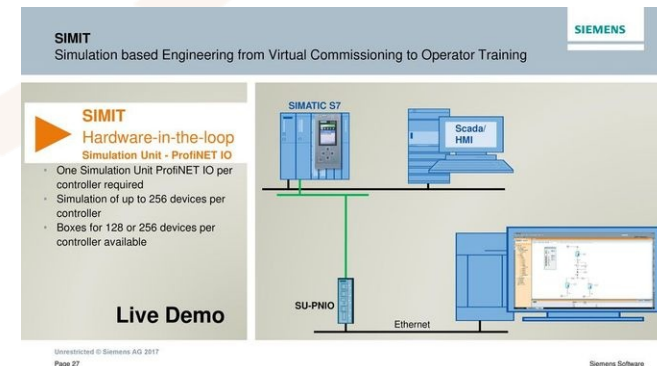
General Electric  
Predix



Dassault Systemes  
plateforme 3Dexpérience

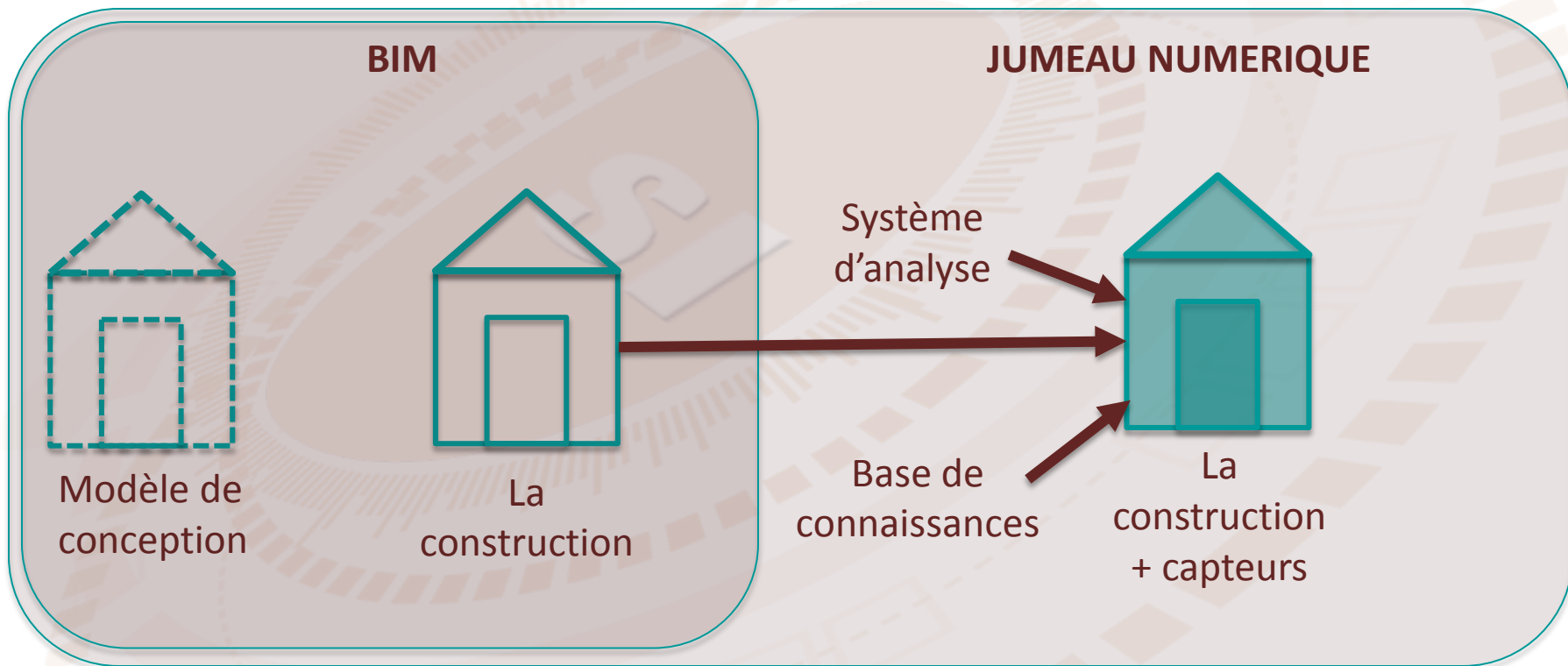


Siemens  
logiciel SIMIT



# BÂTIMENT

BIM (Building Information Modeling): Modélisation des Informations (ou données) du Bâtiment (et des infrastructures).



**Idée de conception**

**Conception**

**Construction**

**Maintenance et/ou modification**

**Fin de vie**



# « DIGITAL TWIN CITY »

Collaboration Rennes Métropole et Dassault Systèmes

Mise en place d'un jumeau numérique de la ville pour concevoir, prévoir et simuler les fonctionnements urbains

- > gestion plus économe
- > gestion plus soutenable

The screenshot displays the 3DEXPERIENCE | 3DDashboard Geovia City interface. The main view is a 3D aerial rendering of a city with several data layers overlaid. Five teal callout boxes point to specific layers: 'Rennes 3D', 'Rennes transports', 'Rennes émissions CO2', 'Rennes énergie', and 'Rennes transports'. At the bottom, a toolbar contains icons for 'Rennes', 'Exvo Rennes', 'Transportation', 'CO2 Emissions', 'Ressources', 'Energy Consumption', 'Noise Level', 'Cadastr', and 'Bike Stabes'. On the right side, there are several panels: a 'Web Page Reader' showing a list of documents, a 'Feed Reader' with news items, and a 'Web Notes' section with a list of tasks including 'Organisation meeting Métropole', 'Préparation plan de communication', 'Comité de pilotage projet', 'Validation études', and 'Animation communautés'. At the bottom, there are 'Collaborative Spaces Reader' and 'Communities Reader' panels, with a callout box pointing to 'Rennes Espace collaboratif'.

Collaboration Solvay, Butachimie et Siemens

Usine de Champalé (Haut-Rhin): une usine 4.0

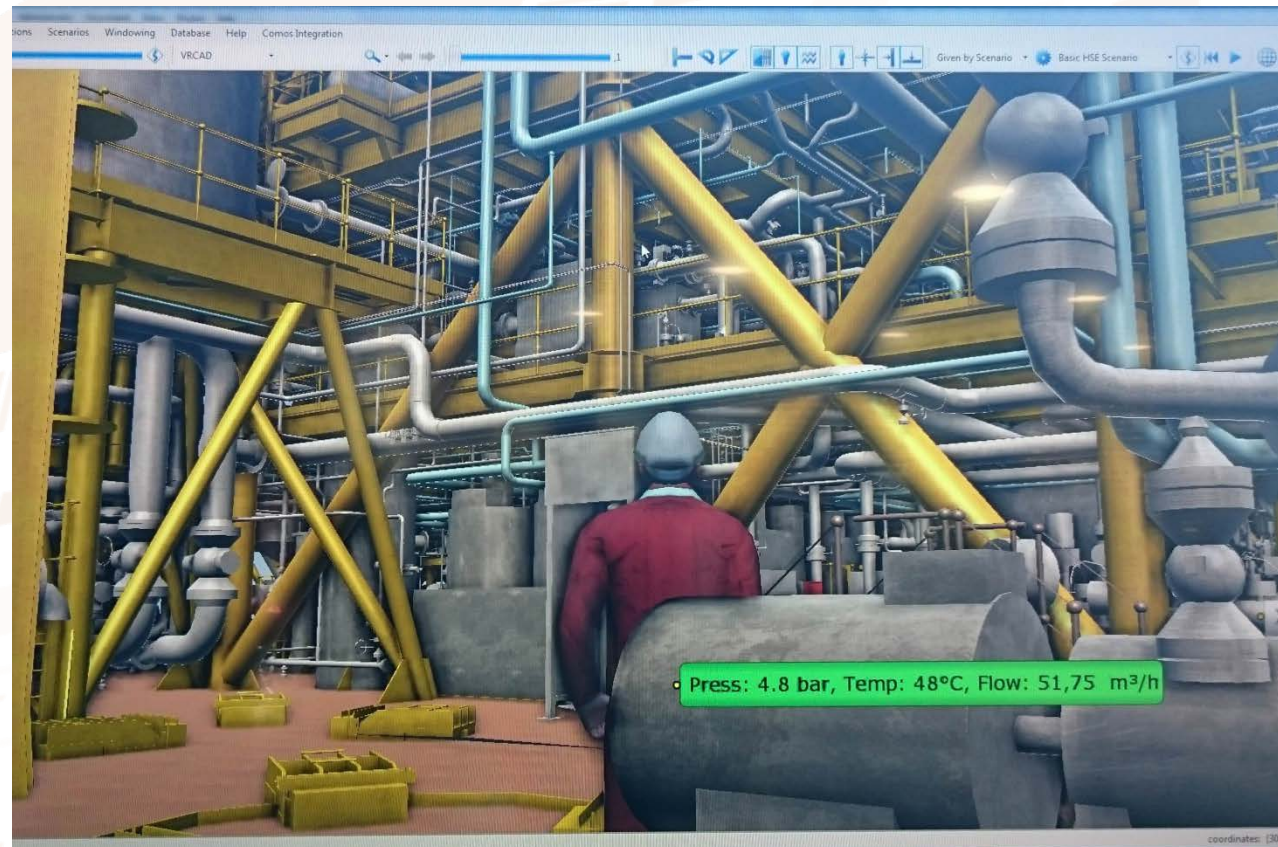
Mise en place d'un jumeau numérique au moment de remplacer l'intégralité du système de contrôle-commande.

Le jumeau comprend:

- logiciel d'usine numérique,
- logiciel de simulation
- logiciel de réalité virtuelle.

Il est mis à jour des données toutes les 5 minutes!

- > gain en ergonomie des postes
- > gain sur la formation des agents d'exploitation
- > gain sur la préparation des arrêts
- > le modèle à jour



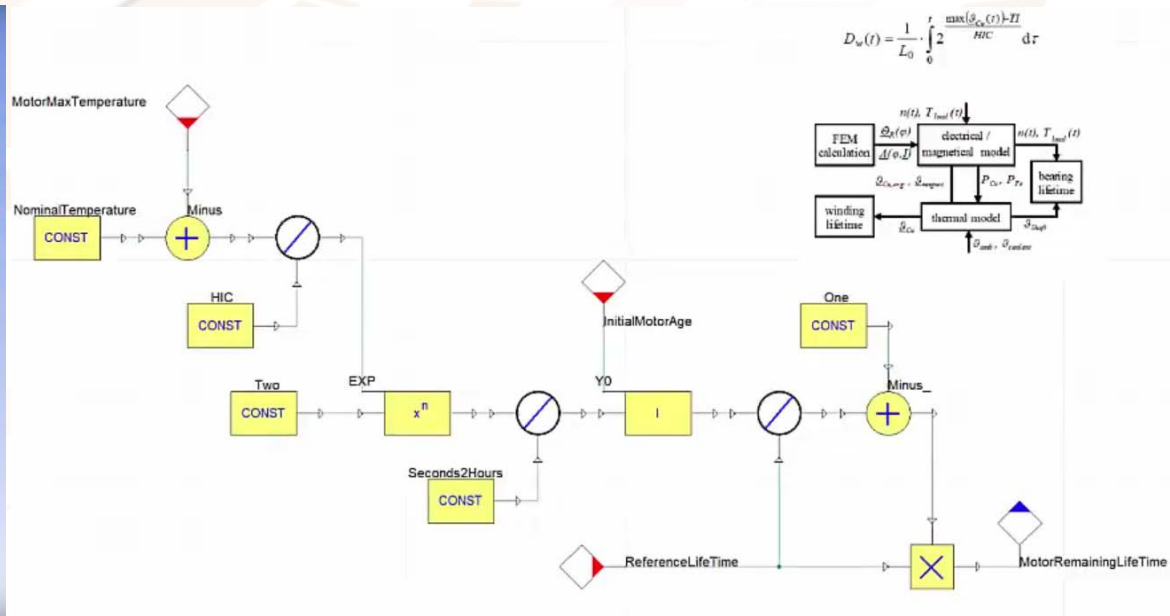
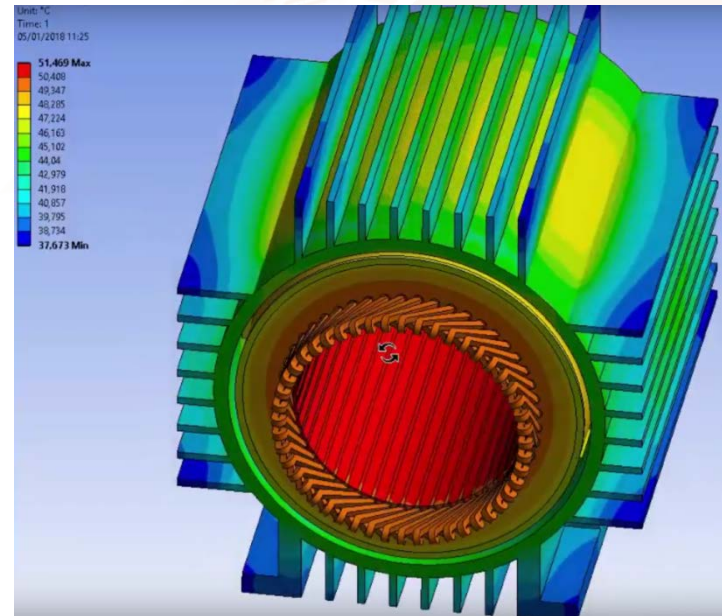


Collaboration General Electric et Ansys

Eolienne Haliade 150-6MW: les moteurs d'orientation de la nacelle

Mise en place de jumeaux numériques pour:

- maximiser leur fonctionnement,
- minimiser leurs temps d'arrêt pour maintenance,
- prédire les problèmes avant que ne survienne une panne imprévue.



Analyse des températures internes en vue d'augmenter la durée de vie

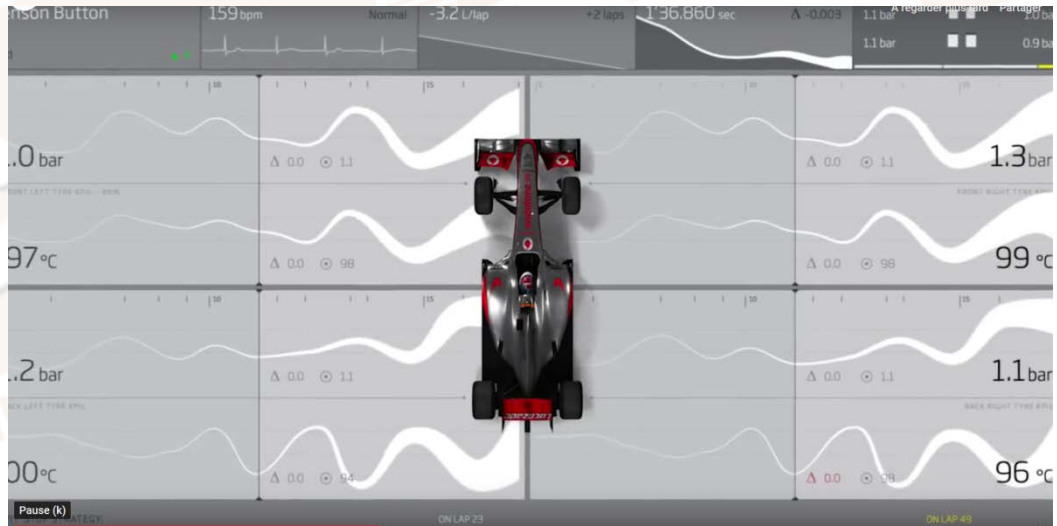
# AUTOMOBILE

Vodafone McLaren Mercedes et SAP

Mise en place d'un jumeau numérique pour améliorer ses performances au-delà d'étude aérodynamique et des capacités des pilotes.

Le jumeau comprend:

- la voiture en 3D
- les données de 150 capteurs sur la voiture (performance moteur, état des pneus, état du pilote) représentant 2Mb de données par tour.
- Un système d'analyses très performant



## Objectifs

- accompagner les évolutions technologiques actuelles et l'évolution de la complexité ;
- mettre en place des modèles ;
- analyser un modèle multiphysique et l'instrumenter ;
- expérimenter sur un jumeau numérique ;
- analyser des résultats de simulation ;
- valider la pertinence ou non d'un modèle ;
- identifier des « illogismes » sur des résultats de simulation ;
- améliorer et « raffiner » un modèle ;
- visualiser le comportement à analyser ;
- ...

## Etat des lieux en SI

On n'est pas si loin de ces objectifs en SI car on a déjà des systèmes comprenant une modélisation multiphysique et 3D!

# JUMEAUX NUMÉRIQUES EN SI

## EXEMPLE

### DISTRIBUTEUR AUTOMATIQUE DE SAVON LIQUIDE



### Son jumeau numérique

- Assemblage2
- Assemblage\_Bati
- Bielle
- Piston\_couvercle

### Modèle fourni par D.FAGNON

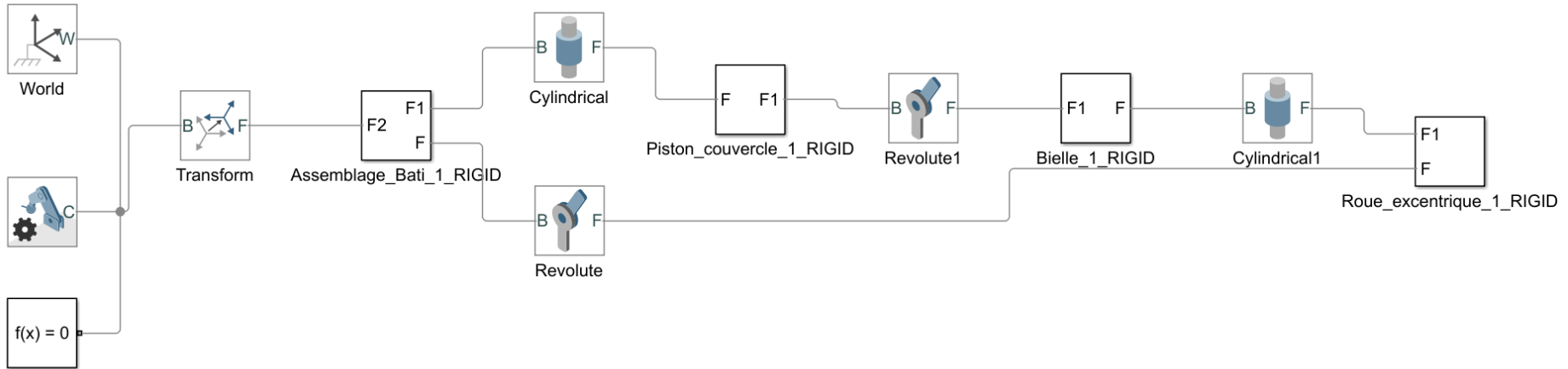




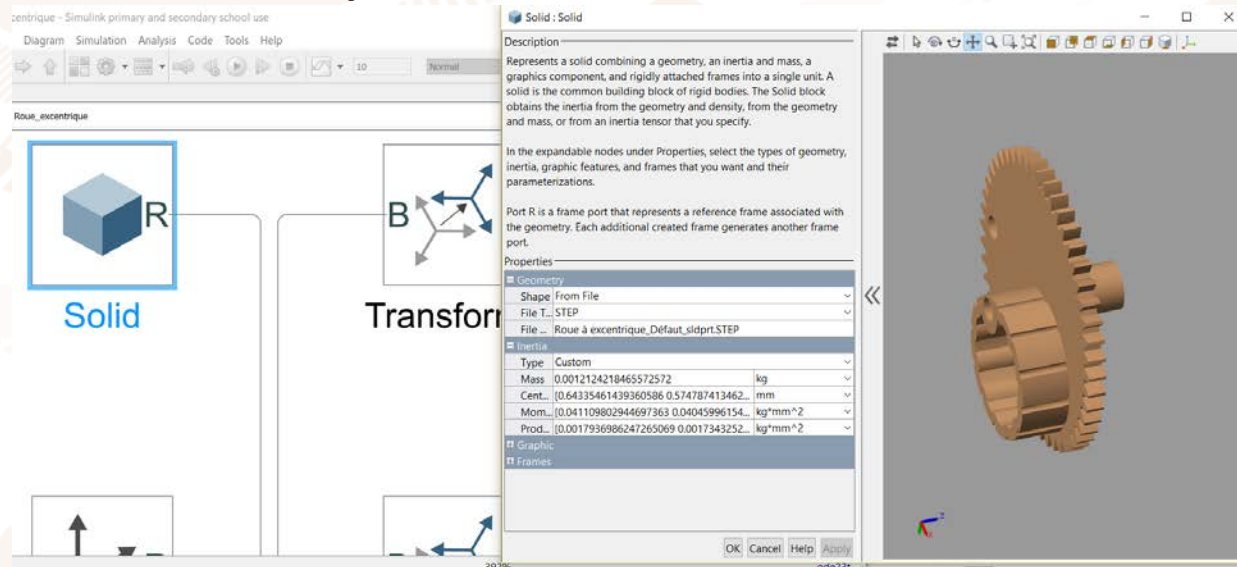
# JUMEAUX NUMÉRIQUES EN SI

## EXEMPLE

### Couplage SolidWorks – Matlab/Simulink



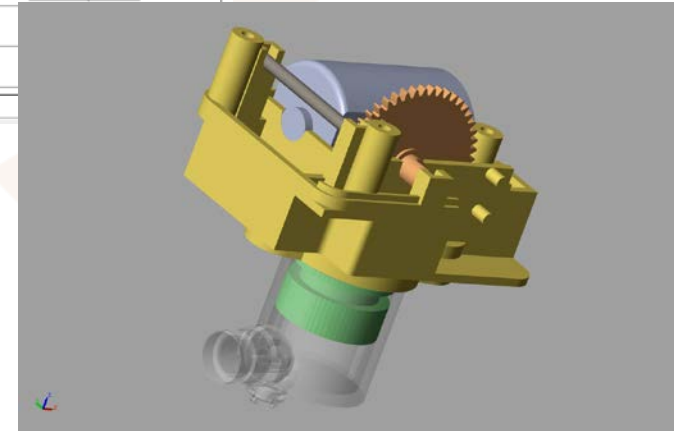
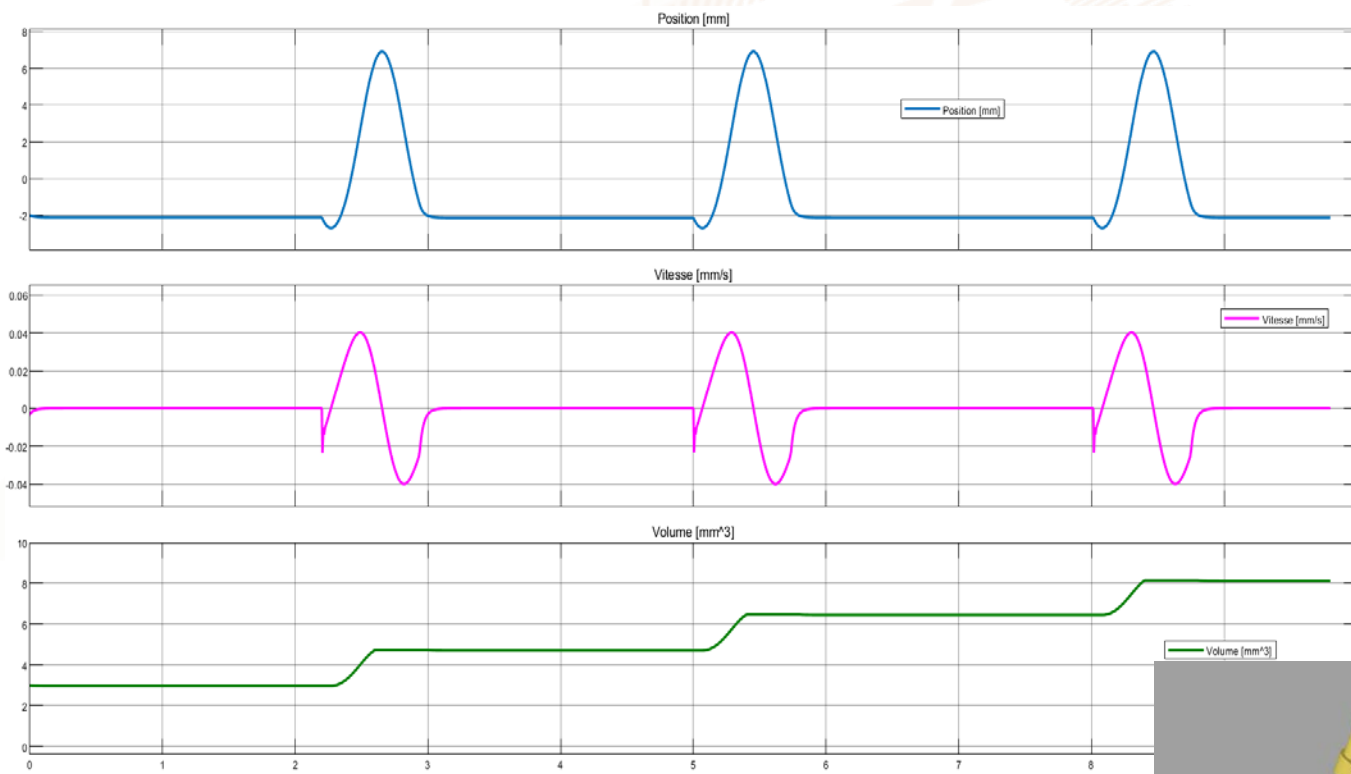
### Accès à l'ensemble des caractéristiques



# JUMEAUX NUMÉRIQUES EN SI

## EXEMPLE

### Résultats de simulation



# JUMEAUX NUMÉRIQUES EN SI

## EXEMPLE

### Activités possibles

- analyser un modèle multiphysique en précisant les domaines physiques ;
- préciser les grandeurs flux et efforts en différents lieux du modèle ;
- instrumenter le modèle ;
- visualiser le comportement à analyser ;
- analyser des résultats de simulation ;
- valider la pertinence ou non d'un modèle ;
- améliorer et « raffiner » un modèle ;
- modifier les paramètres du modèle
  - durée d'alimentation de l'actionneur ;
  - dimensions des solides ;
  - paramètres de l'actionneur ;
  - paramètres des réducteurs ;
  - ...

## Formation des professeurs

- *Poursuite de la formation sur la modélisation multiphysique ;*
- *Grandeurs flux et effort ;*
- ...