

Séminaire pédagogique – 3 octobre 2024
Campus Arts et Métiers de Cluny

Jumeaux Numériques pour
l'enseignement du Génie Mécanique

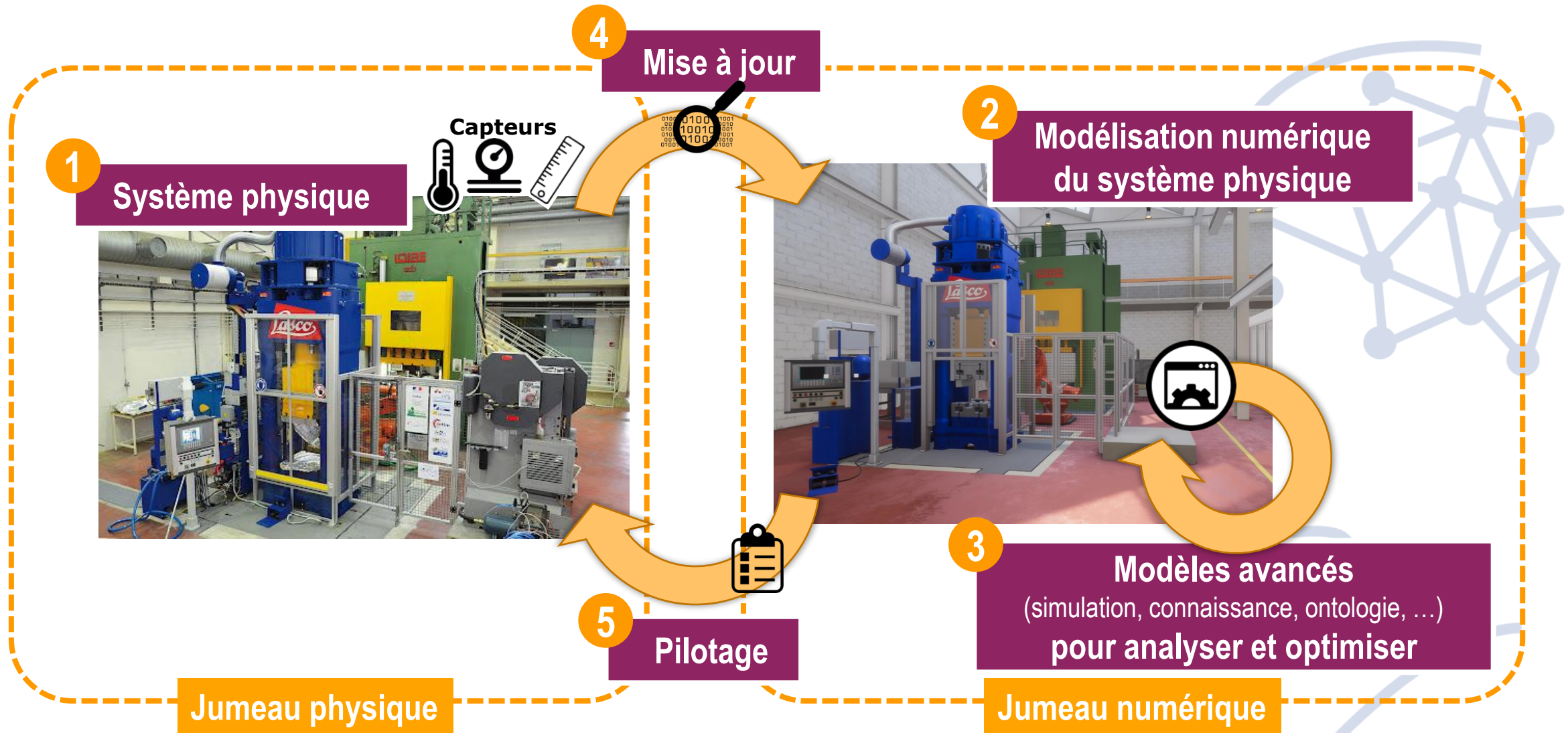
JUMEAU NUMERIQUE EN FORGEAGE



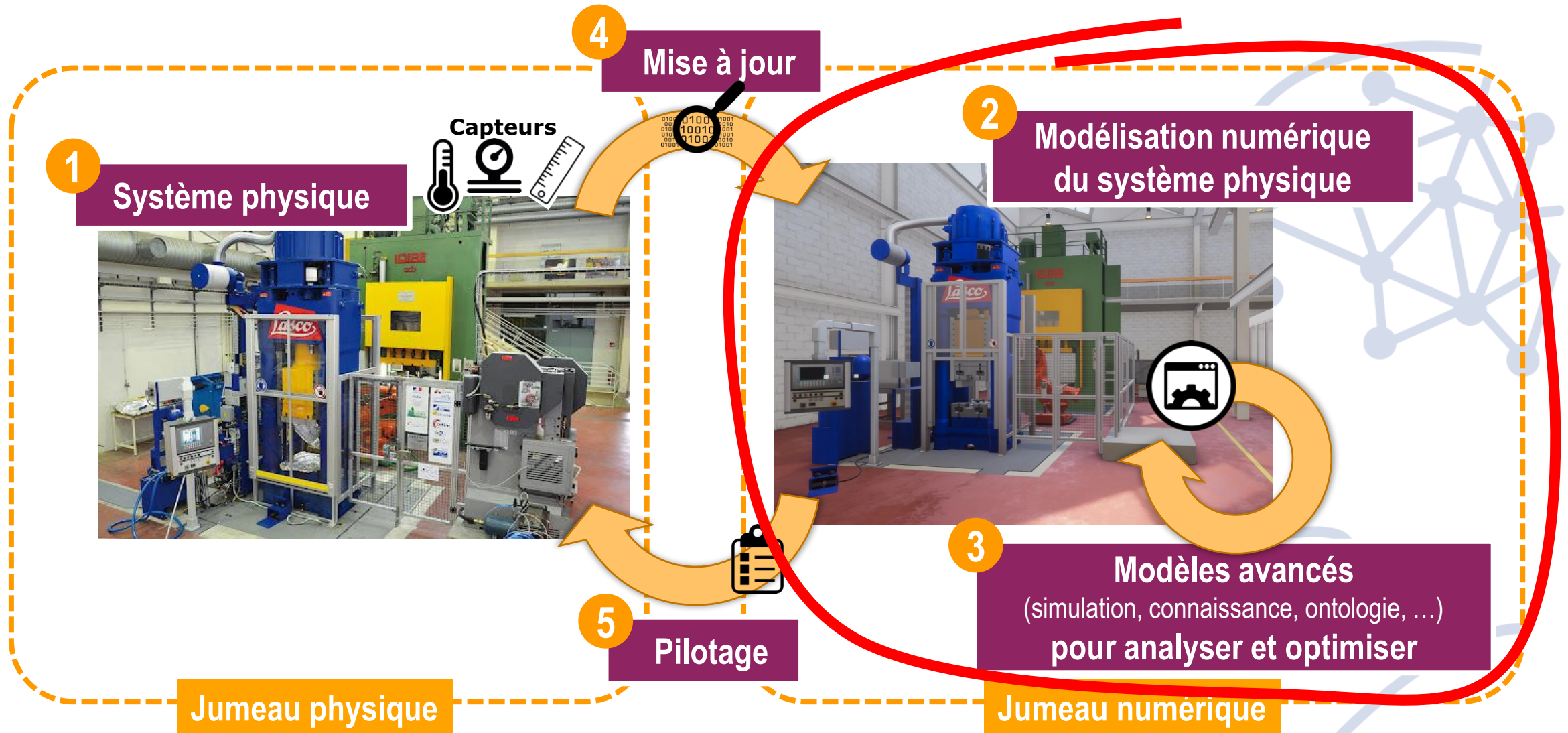
le cnam



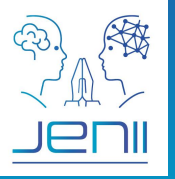
5 briques élémentaires



5 briques élémentaires



Les moyens



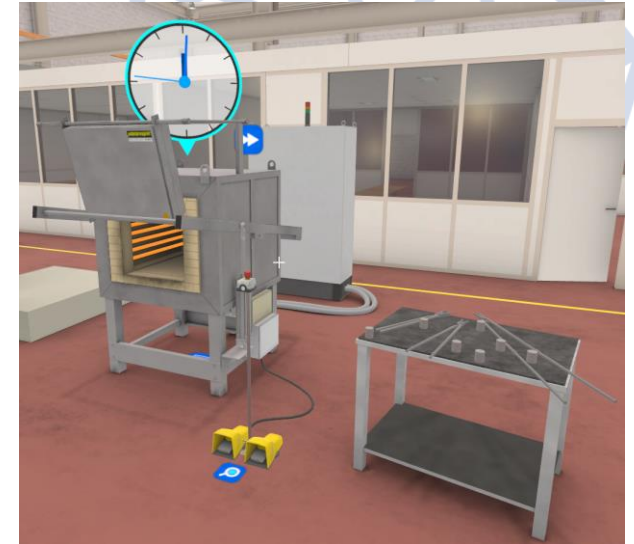
Une presse à vis



Une presse mécanique

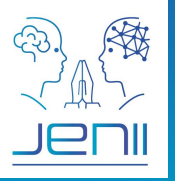


Une presse hydraulique

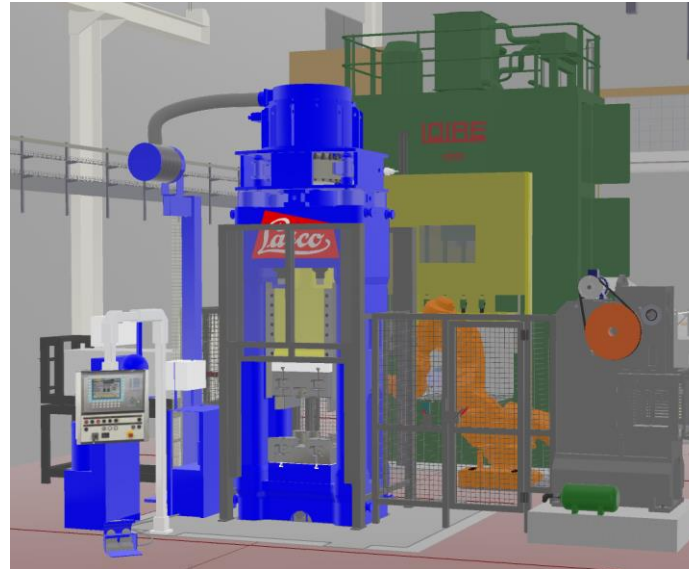


Des fours

La construction du jumeau numérique



a) Atelier réel (machines et photos 360°)

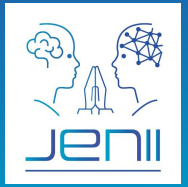


b) Modélisation CAO des équipements



c) Intégration avec rendu réaliste dans Unity® et ajout d'interactivités avec avatar

La construction du jumeau numérique

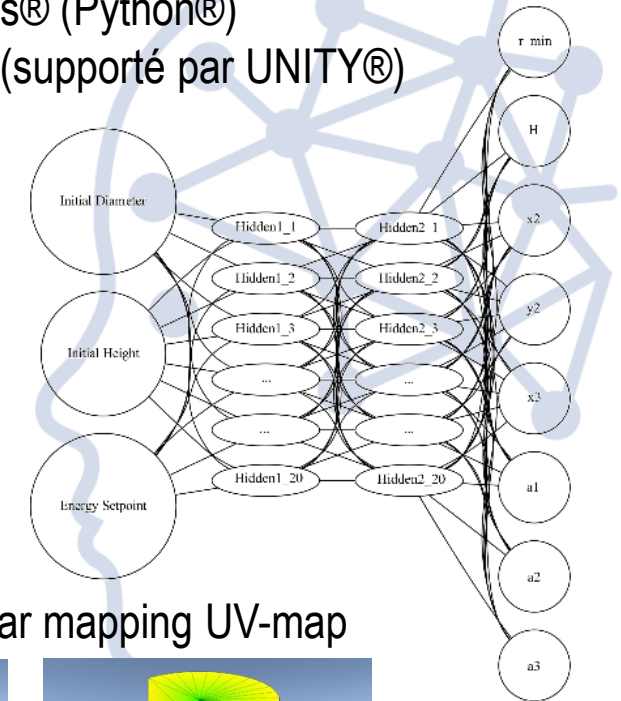


- ✓ **Environnement Virtuel** : Unity ®
- ✓ **Moteur physique dynamique** :
Nvidia PhysX + XDE (CEA LIST)

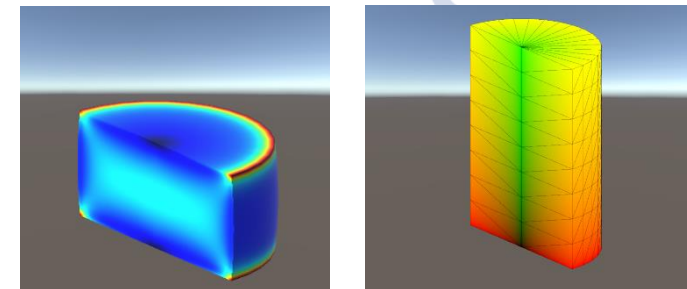


- ✓ **Physique métier** :

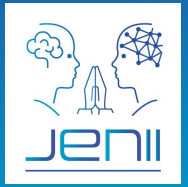
Réseaux de neurones Keras® (Python®)
converti en format ONNX® (supporté par UNITY®)



Visualisation des champs par mapping UV-map



La construction du jumeau numérique



Génération de lopins en cuivre
de différentes dimensions

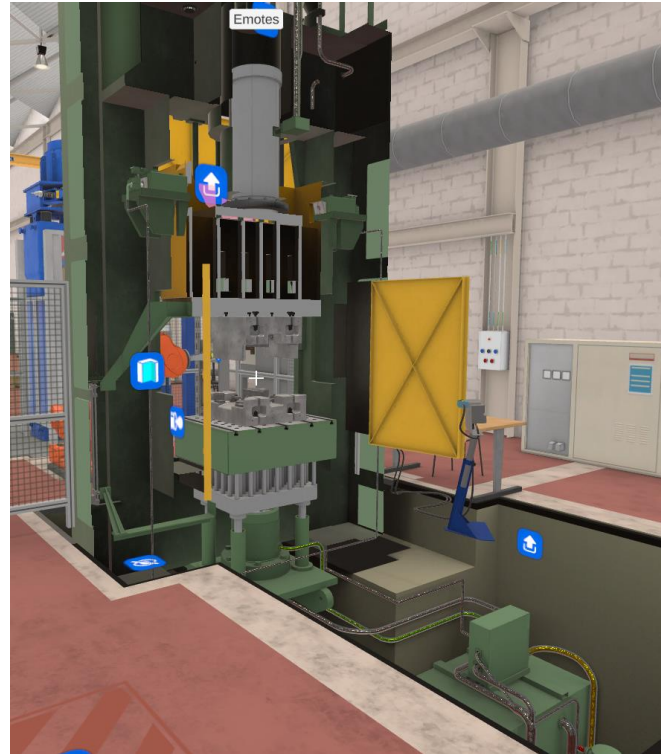
Mise en forme des lopins générés,
comparaison des résultats obtenus



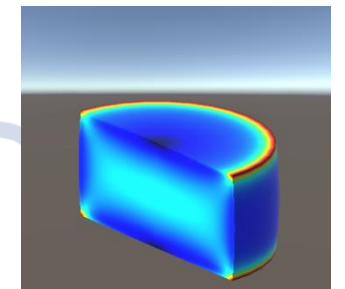
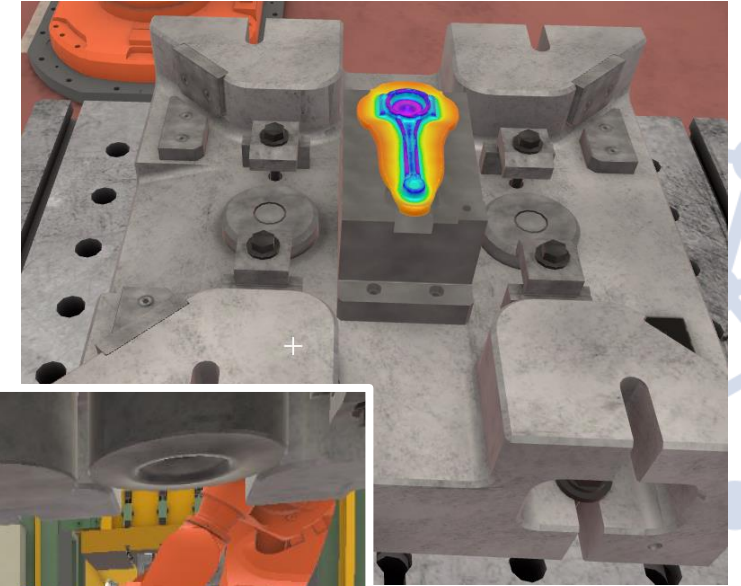
Les objectifs du jumeau numérique



- Voir l'invisible



comprendre la technologie des machines



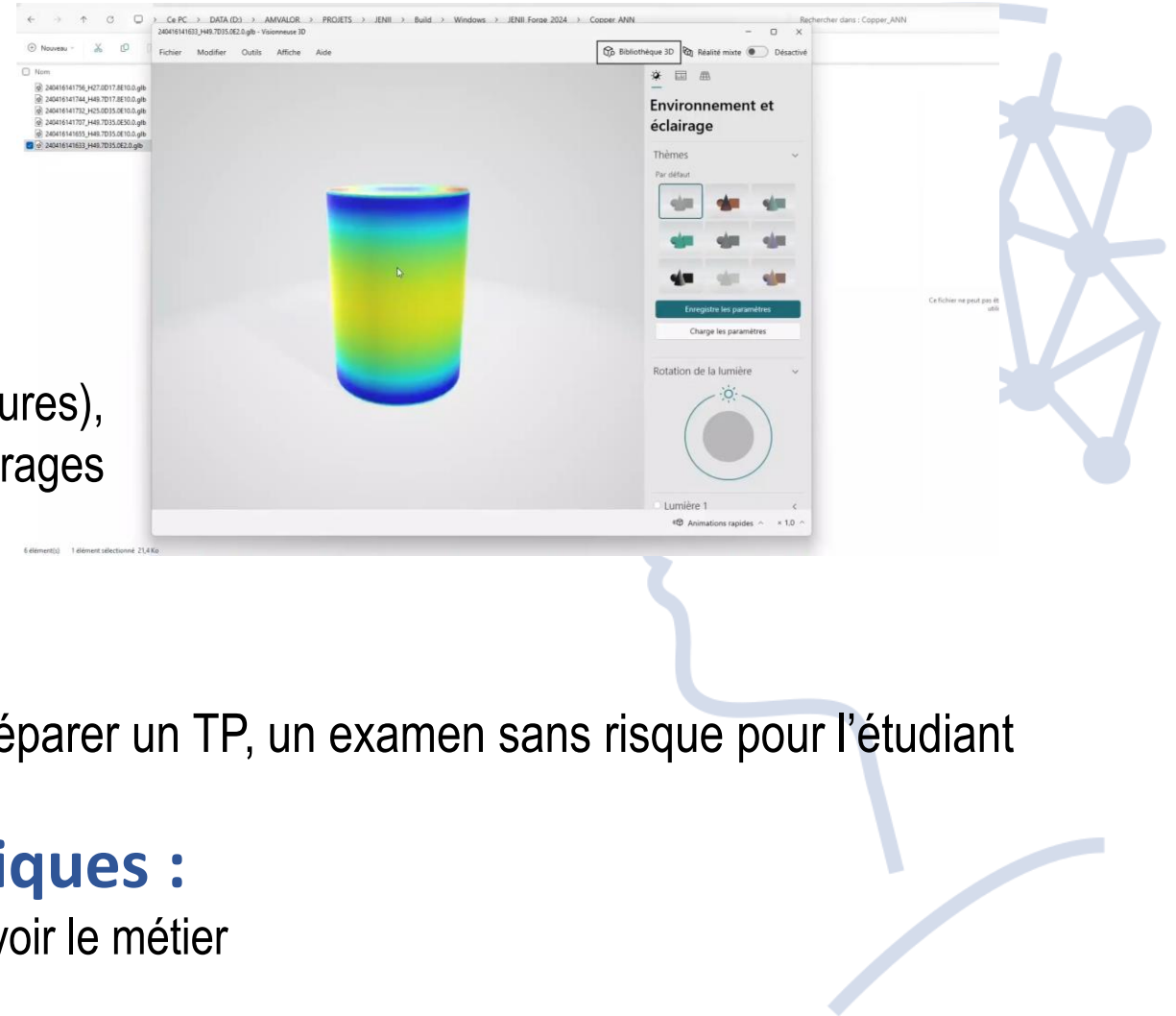
visualiser un champ

Les objectifs du jumeau numérique



- **Analyser dans une réalité augmentée**

observer un champ (températures),
comparer entre différents paramétrages



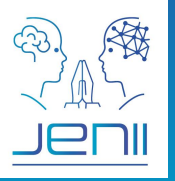
- **Rejouer sans risque :**

Faire différents essais, à l'infini, pour comprendre ou préparer un TP, un examen sans risque pour l'étudiant

- **Rendre attractif des activités pédagogiques :**

Donner à sens concret à des activités théoriques, promouvoir le métier

Les scénarios pédagogiques



• Le principe



Des fiches élèves :

- ✓ En format A4 recto-verso / appel à des films
- ✓ Notions élémentaires à composer
- ✓ 3 catégories : Préparation, Expérimentation, Analyse
- ✓ Des activités à réaliser (application, création, évaluation)
- ✓ Fonctionnement en binôme : RV / guide

Un référentiel pédagogique enseignant :

- ✓ Présentation de la plateforme
- ✓ Démarrage du jumeau numérique
- ✓ Codifications des fiches (repères, Bloom, ...)
- ✓ Acquis d'apprentissage visés
- ✓ Éléments de correction et discussion
- ✓ Proposition de scénarios

• TP 1 : Découvrir un environnement de forge à l'échelle industrielle (en test)

P001

Découvrir la forge (film)

Définir le forgeage
Associer le forgeage à des produits de la vie courante

P004

Acquérir du vocabulaire sur la forge (opérations de mise en forme)

Acquérir le vocabulaire des différentes opérations de forgeage

E001

Se familiariser avec les manettes Quest Pro

Comprendre les fonctionnalités des différents contrôleurs des manettes

E002

Démarrer le four à résistance thermique

Connaitre les températures de forgeage à chaud de différents matériaux
Manipuler le four à résistance thermique

E003

Modifier les paramètres d'un cycle de forge de la presse à vis

Expliquer le rôle des paramètres de réglage de la presse à vis
Mettre en œuvre un réglage de la presse à vis

E004

Mettre en œuvre une opération de forgeage simple sur presse à vis

Expliquer le phénomène physique d'oxydation et l'intérêt d'une opération de décalaminage
Mettre en œuvre une opération de forgeage simple (refoulement, estampage)

E006

Récupérer des données d'acquisition sur la presse

Récupérer des données d'acquisition des différents capteurs présents sur la presse à vis



Les scénarios pédagogiques



• TP 1 : Découvrir un environnement de forge à l'échelle industrielle (en test)

P001

Découvrir la forge (film)

- Définir le forgeage
- Associer le forgeage à des produits de la vie courante

P004

Acquérir du vocabulaire sur la forge (opération)

- Acquérir le vocabulaire des différentes opérations de forgeage

E001

Se familiariser avec les manettes Quest Pro

- Comprendre les fonctionnalités des différents contrôleurs des manettes

E002

Démarrer le four à résistance thermique

- Connaître les températures de forgeage à chaud de différents matériaux
- Manipuler le four à résistance thermique

E003

Modifier les paramètres d'un cycle de forge de

- Expliquer le rôle des paramètres de réglage de la presse à vis
- Mettre en œuvre un réglage de la presse à vis

E004

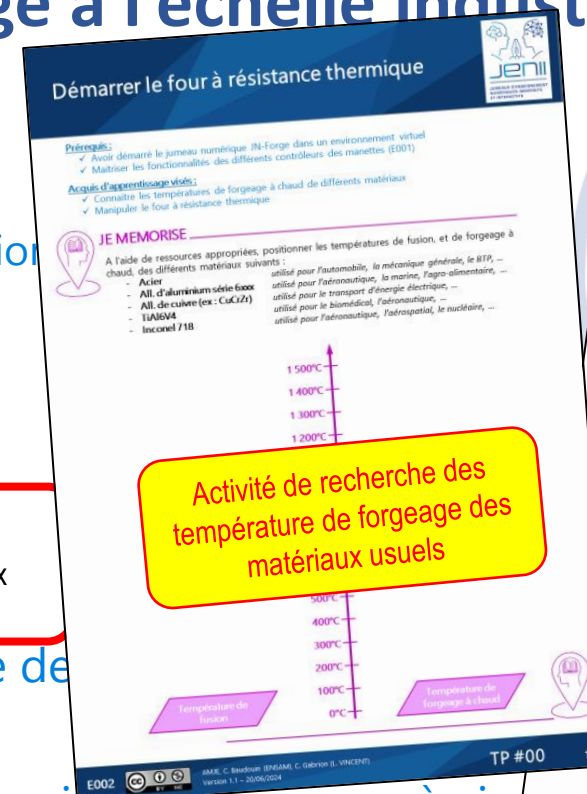
Mettre en œuvre une opération de forgeage simple sur presse à vis

- Expliquer le phénomène physique d'oxydation et l'intérêt d'une opération de décalaminage
- Mettre en œuvre une opération de forgeage simple (refoulement, estampage)

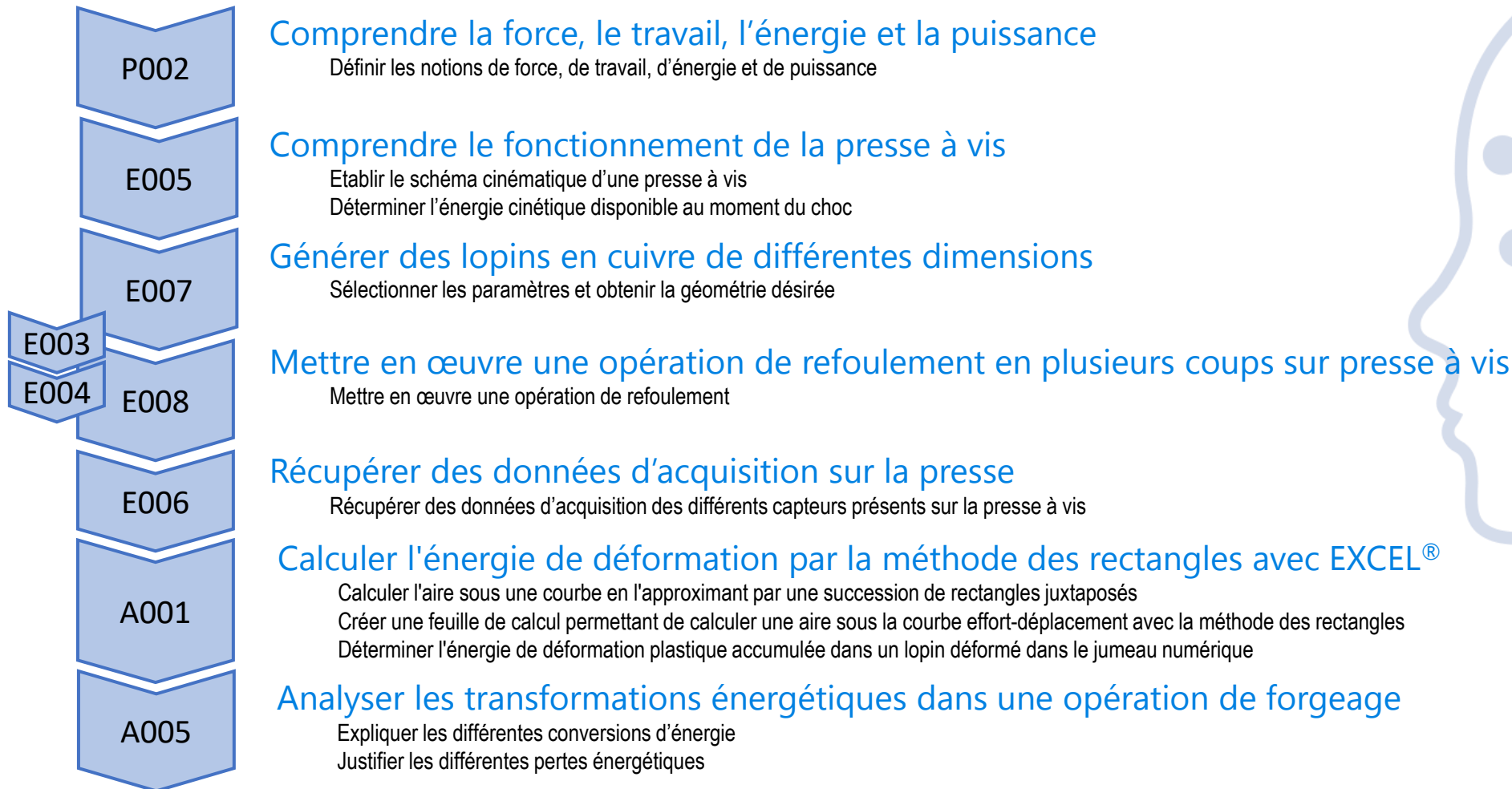
E006

Récupérer des données d'acquisition sur la presse

- Récupérer des données d'acquisition des différents capteurs présents sur la presse à vis



• TP 2 : Maîtriser les flux énergétiques lors d'un refoulement (à finaliser)



Les scénarios pédagogiques



• TP 2 : Maîtriser les flux énergétiques lors d'une opération de forgeage (à finaliser)

P002

Comprendre la force, le travail, l'énergie et la puissance

Définir les notions de force, de travail, d'énergie et de puissance

E005

Comprendre le fonctionnement de la presse à vis

Etablir le schéma cinématique d'une presse à vis
Déterminer l'énergie cinétique disponible au moment du choc

E007

Générer des lopins en cuivre de différentes dimensions

Sélectionner les paramètres et obtenir la géométrie désirée

E003

E004

E006

Possibilité de créer une activité de filtrage

Mettre en œuvre une opération de refoulement en presse

Mettre en œuvre une opération de refoulement

E006

Récupérer des données d'acquisition sur la presse

Récupérer des données d'acquisition des différents capteurs présents sur la presse à vis

A001

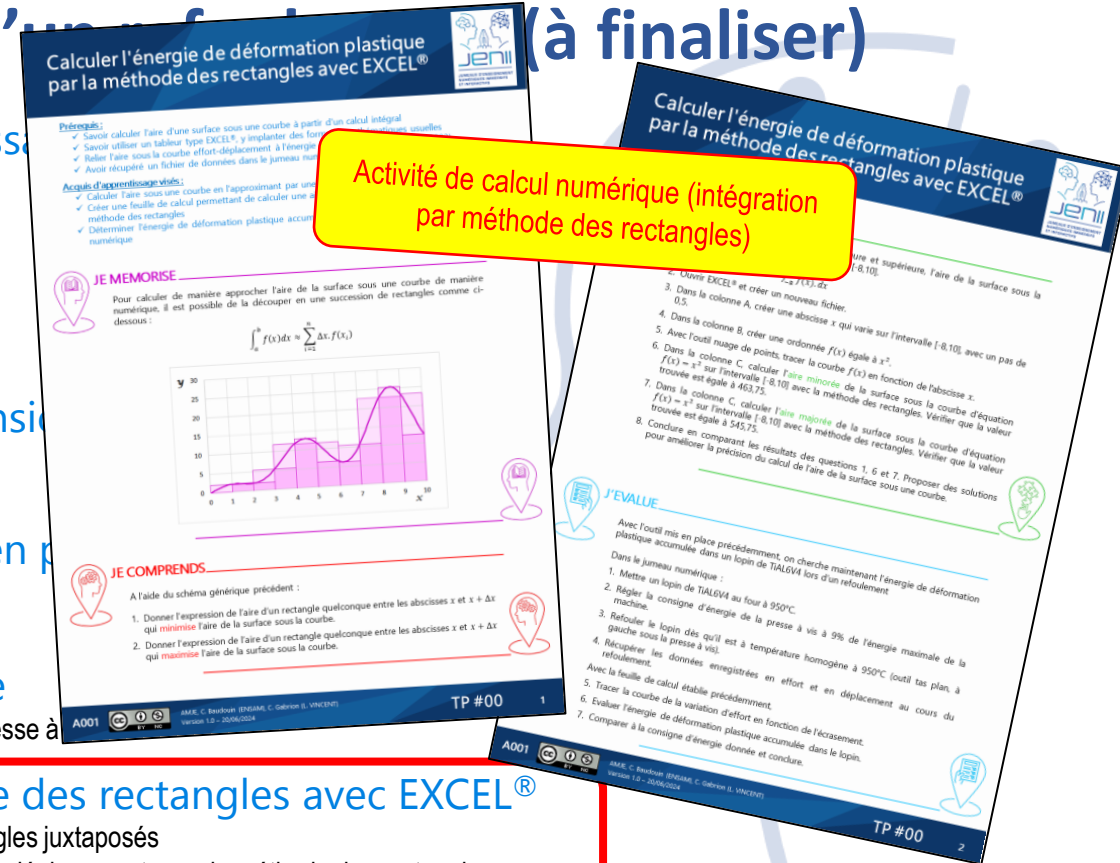
Calculer l'énergie de déformation par la méthode des rectangles avec EXCEL®

Calculer l'aire sous une courbe en l'approximant par une succession de rectangles juxtaposés
Créer une feuille de calcul permettant de calculer une aire sous la courbe effort-déplacement avec la méthode des rectangles
Déterminer l'énergie de déformation plastique accumulée dans un lopin déformé dans le jumeau numérique

A005

Analyser les transformations énergétiques dans une opération de forgeage

Expliquer les différentes conversions d'énergie
Justifier les différentes pertes énergétiques





Le projet JENII (JENII – ANR-21-DMES-0006) financé par l'ANR (Agence nationale de la recherche) dans le cadre de l'appel à projet DemoES du PIA4 a débuté le 2 Novembre 2021 pour une durée de 4 ans.

Ce projet coordonné par Arts et Métiers Sciences et Technologies – École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers réunit le CESI, le CNAM et le CEA.



linkedin.com/company/jenii



@projet_jenii



@projet_jenii

