

Réaliser des TP à distance avec STEEVE

Le dénominateur commun aux formations du domaine des sciences pour l'ingénieur est la présence de nombreux Travaux Pratiques (TP) au sein des enseignements dispensés. Ces TP permettent de développer de multiples compétences chez les étudiants : capacité à appréhender un système parfois complexe, capacité à proposer et mettre en œuvre un protocole, capacité à analyser et interpréter un ensemble de résultats expérimentaux ou numériques en lien avec les apports d'un cours, capacité à en faire la synthèse.

Il faut noter que ces TP nécessitent des salles adaptées, des équipements et leur maintenance, du personnel pour leur entretien, un suivi des consommables, et éventuellement des licences logiciels.

L'ensemble de ces éléments constitue un frein important à l'exploitation de ces ressources dans un cadre plus large que celui de la simple salle de TP :

- Comment intégrer des expérimentations à nos MOOC ?
- Comment faciliter l'accès aux ressources pour les étudiants en situation de handicap ?
- Comment permettre aux pays en voie de développement d'accéder à ces ressources ?
- Comment mutualiser les ressources entre plusieurs établissements ?
- Comment assurer la continuité pédagogique en période de confinement ?

STEEVE est un projet pédagogique financé par l'Université Paris-Saclay de 2017 à 2019. Plusieurs partenaires ont permis ce projet : l'ENS Paris-Saclay, CentraleSupélec et l'Université Paris-Saclay. L'objectif du projet STEEVE est de proposer, dans le domaine des sciences pour l'ingénieur, un outil permettant de développer des TP à distance de façon assez simple, qu'ils soient à forte connotation expérimentale ou à coloration numérique.



Figure 1 : Accueil de la plateforme STEEVE

Cette ressource présente le projet STEEVE illustré par quelques exemples d'utilisation et propose de montrer l'envers du décor avec le point de vue du créateur de cette plateforme, le retour d'utilisateurs et enfin quelques pistes pour permettre une diffusion plus large du projet.

1 – Rôles des Travaux Pratiques dans les sciences pour l'ingénieur

Les TP permettent de développer les compétences expérimentales des élèves, comme dans toutes les disciplines faisant appel aux travaux pratiques. Ils sont également utilisés pour développer des compétences d'analyses à travers la comparaison de résultats expérimentaux avec des résultats issus de modélisations, qu'elles soient analytiques ou numériques (simulation numérique, logiciels spécifiques).

Les TP ont parfaitement démontré leur efficacité en présentiel, il devient plus compliqué d'en réaliser lorsque les participants sont à distance comme on peut l'être lorsque l'on suit un MOOC, ou lors de phase de confinement à l'image de la crise sanitaire liée au Covid-19 ou encore lorsque les moyens nécessaires ne sont pas localisés à proximité de l'élève. La réalisation des travaux pratiques devient alors complexes, en l'absence d'outils adaptés.

2 – Principe de fonctionnement de la plateforme STEEVE vu de l'utilisateur

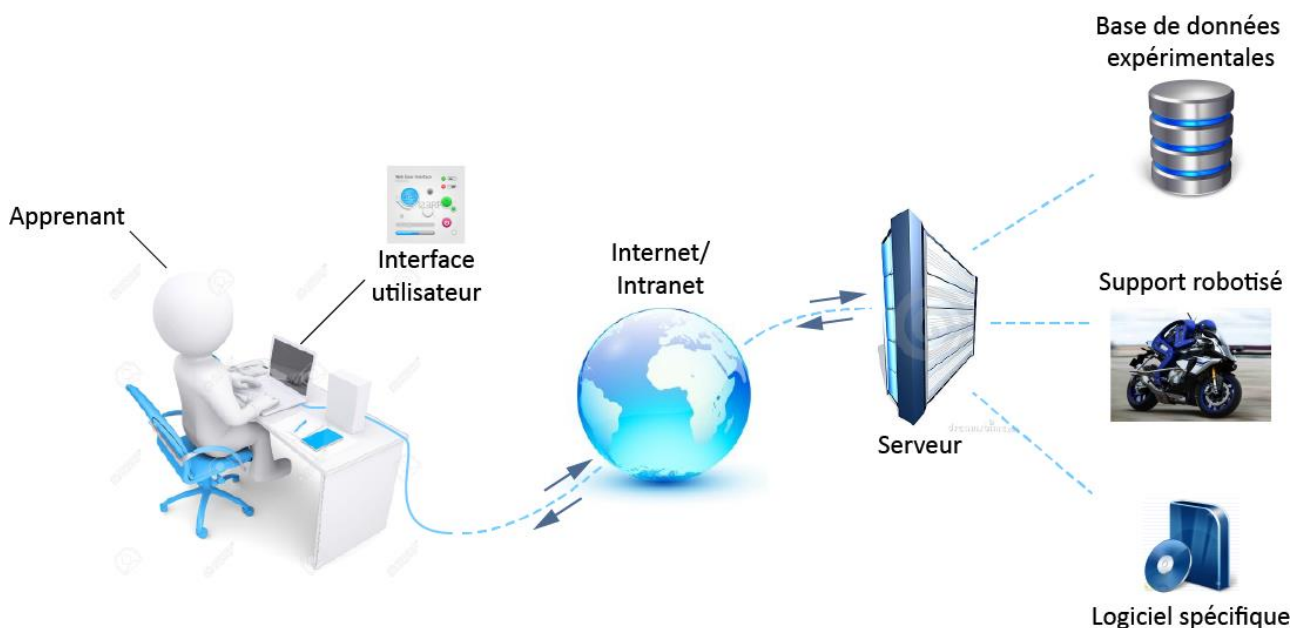


Figure 2 : Schéma du principe de fonctionnement de la plateforme STEEVE

Le principe de la plateforme STEEVE est assez simple (Figure 2). Un apprenant situé à distance des ressources expérimentales se connecte au serveur STEEVE via l'interface (Figure 1) depuis un ordinateur, une tablette ou un téléphone, connectés à internet.

À partir de l'interface de STEEVE, trois entrées sont possibles (Figure 3) :

- Systèmes : permet d'accéder aux différents systèmes étudiés et de retrouver les différentes expériences qui s'y rapportent ;
- Expériences pratiques : permet d'accéder directement aux expérimentations sur systèmes réels ;
- Expériences numériques : permet d'accéder directement aux expérimentations sur des modèles numériques ou analytiques.



Figure 3 : Sélection des entrées Expériences pratiques, Expériences numériques, Systèmes

Neuf systèmes sont actuellement disponibles, de une à trois expériences sont accessibles pour chacun des systèmes.



Figure 4 : Les neuf systèmes disponibles

Les expériences pratiques peuvent reposer soit sur une base de données expérimentale constituée au préalable par les enseignants (expérimentation asynchrone), soit sur des systèmes robotisés, ou systèmes mécatroniques, pilotés à la demande de l'apprenant et visualisables en temps réel (expérimentation synchrone).

Les expériences numériques reposent sur des modèles paramétrés, déjà construits dans des logiciels spécifiques, et dont les paramètres sont modifiables par l'apprenant.

3 – Exemples d'expériences

Ce paragraphe propose un aperçu des trois types d'expériences possibles (numérique, pratique synchrone, pratique asynchrone).

3.1 - Expériences numériques

Ce type de travaux pratiques consiste à mettre en œuvre un protocole numérique permettant d'accéder à la solution d'un problème que l'on ne peut calculer mathématiquement (résolution d'équations aux dérivées partielles, d'équations différentielles par exemple) ; le protocole en question nécessite de maîtriser la mise en données du problème, de réaliser des choix de modélisation, de dépouiller les résultats et de vérifier leur cohérence ; ce processus permet à l'apprenant de faire, refaire, ou compléter un travail pratique sans avoir besoin d'installer un logiciel sur une machine personnelle.

Prenons l'exemple de l'expérience « Simulation numérique d'un treillis plan à 11 éléments ». L'apprenant doit faire le choix de paramètres (effort appliqué - curseur du haut, dimensions de la section - les deux curseurs suivants) et de paramètres liés à la modélisation ou la simulation numérique dans les deux menus du bas (Figure 5), soit le type de modèle et le type de conditions aux limites. Le choix d'un paramètre dans un menu déroulant peut impliquer de renseigner d'autres éléments par la suite (notion de dépendance de paramètres).

SIMULATION NUMÉRIQUE D'UN TREILLIS PLAN À 11 ÉLÉMENTS

EXPÉRIENCE NUMÉRIQUE

Système

Treillis plan à 11 barres

La structure étudiée dans cet exercice est un treillis en aluminium. Le modèle a pour propriétés : $E=70000$ MPa et $\rho=2700$ kg/m³. Le treillis considéré est validé dans la masse et composé d'éléments fortement élastiques reliés entre eux de façon rigide. La section de ces éléments est rectangulaire à 10×2 mm et est en mm. Le chargement et les conditions aux limites y sont également précisés :

- Chargement au centre dans la direction y d'intensité P variable
- Liaison avec le bâti réalisée par des billes (B,1) et (B,2) dont l'orientation est variable.

Expérience

Simulation numérique d'un treillis plan à 11 éléments

La géométrie particulière de cette structure fait qu'il est possible de la modéliser de quatre façons différentes :

- si on fait l'hypothèse isotrope que les éléments élastiques peuvent être modélisés par des poutres, en quoi plus ils sont articulés entre eux et non pas encastrés, un calcul éléments finis barre peut être réalisé ;
- si on fait l'hypothèse que les éléments élastiques peuvent être modélisés par des poutres, mais qu'ils sont certes très articulés entre eux, un calcul éléments finis poutres peut être réalisé ;
- si on ne fait aucune hypothèse sur la géométrie des éléments, un calcul éléments finis massif peut être

J'EXPÉRIMENTE !

Paramètres d'entrées

Effort appliqué (N) $\rightarrow$ 100

Dimension de la section dans la direction z (mm) $\rightarrow$ 2

Dimension de la section dans le plan (cm) $\rightarrow$ 1

Type de modèle $\rightarrow$ Barre

Type de blocage $\rightarrow$ Articulation

LANCER L'EXPÉRIENCE !

Figure 5 : Interface de l'expérience numérique choisie

L'apprenant est ensuite redirigé vers le résultat de l'expérience. L'information est restituée sous la forme d'un fichier PDF détaillant un certain nombre de courbes issues des simulations numériques, d'un fichier texte contenant les valeurs pouvant être post-traitées (Figure 6) et d'une vidéo montrant la simulation de la déformation de la structure (voir vidéo « [Déformation d'une structure treillis](#) » [1]).

RÉSULTAT DE VOTRE EXPÉRIENCE

Changer les paramètres de mon expérience

Contactez le support

Paramètres

Effort appliqué (N): 1000
 Dimension de la section dans la direction z (mm): 12
 Dimension de la section dans le plan (x,y) (mm): 4
 Type de modèle : Massif
 Type d'élément : Lineaire
 Taille de maille (mm): 4
 Type de blocage : Ponctuelle
 Orientation des biellettes (deg): 80

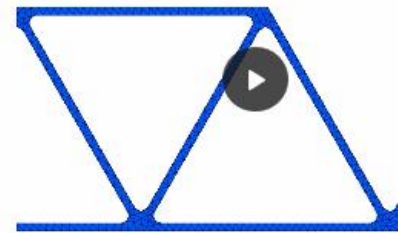
Documents

Rapport de simulation
 Valeurs en quelques points

pdf

txt

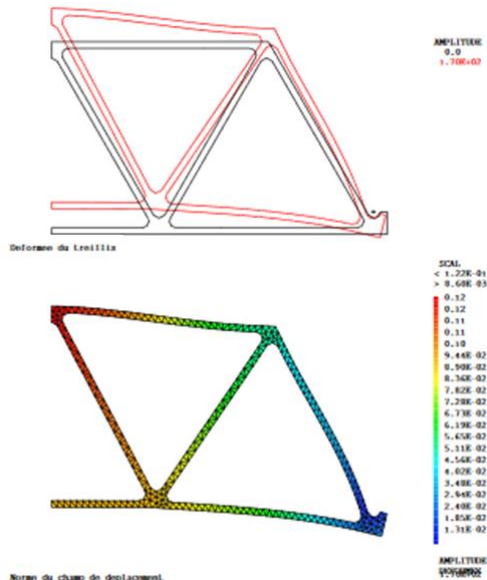
Vidéo de l'expérience



SCALE
 < 0, COR+00
 > 0, COR+00
 18.
 16.
 14.
 12.
 10.
 8.8
 7.0
 5.3
 3.5
 1.8
 0.0

0:00 / 0:02

Figure 6 : Interface des résultats de l'expérience numérique choisie



Déplacement Uy en P1 (mm) : 0.122
 Déplacement Uy en P5 (mm) : 0.094
 Déplacement Ux en P3 (mm) : -0.005
 Déplacement Uy en P3 (mm) : -0.001
 Epsilon_tt (J1+) (mu_def) : 178.26
 Epsilon_tt (J1-) (mu_def) : 156.08
 Epsilon_tt (J2+) (mu_def) : 320.32
 Epsilon_tt (J2-) (mu_def) : 231.26
 Epsilon_tt (J3+) (mu_def) : -61.25
 Epsilon_tt (J3-) (mu_def) : -59.58
 Epsilon_tt (J4+) (mu_def) : -223.15
 Epsilon_tt (J4-) (mu_def) : -222.56
 Epsilon_tt (J5+) (mu_def) : 243.72
 Epsilon_tt (J5-) (mu_def) : 244.93
 Epsilon_tt (J6+) (mu_def) : -240.23
 Epsilon_tt (J6-) (mu_def) : -245.41

Figure 7 : Exemple de résultats pour $F = 1000$ N, Type de modèle massif, type de blocage articulation, à gauche le fichier PDF, à droite le fichier texte

3.2 - Expériences sur systèmes robotisés (synchrones)

Ce type de travaux pratiques consiste à utiliser un système réel, à observer son comportement via un certain nombre de capteurs pour différents réglages, et à confronter ces résultats

expérimentaux à un modèle ou/et à un cahier des charges ; pour ce type de TP, on peut envisager dans un premier temps de « robotiser » le système et de créer une interface web permettant à l'apprenant d'actionner le système, dans certaines limites, à distance, et de récupérer dans l'interface les données mesurées en vue de les traiter. Cette solution présente l'avantage de travailler directement sur le support physique mais a l'inconvénient de bloquer un support matériel qui ne peut donc plus être utilisé facilement en présentiel, et demande l'installation d'un système de robotisation robuste autour du système existant.

La solution actuellement retenue est présentée sur la Figure 8. Le serveur sur lequel l'application STEEVE est installée transmet les paramètres de l'expérience à un Raspberry Pi relié, via un port série, à une carte Arduino. Sur cette carte, un programme tourne en permanence, en attente de l'arrivée de consignes sur le port série. Ces consignes sont en fait des mots clés associés à des valeurs. Lors de la réception de la requête utilisateur, i.e. des paramètres de l'expérience, le script PHP lance un programme Python qui va écrire ces mots clés et valeurs associés sur le port série de l'Arduino. À l'issue de cette envoi, le programme Arduino lance l'expérience tandis que le programme Python démarre la capture vidéo, et récupère les résultats écrits par la carte Arduino sur le port série. Le programme Python permet également un traitement et une mise en forme (courbes, fichiers de résultats bruts, etc.) de ces résultats ; l'ensemble est ensuite transmis à l'utilisateur distant sous différentes formes (PDF, CSV, TXT, MP4, etc.).

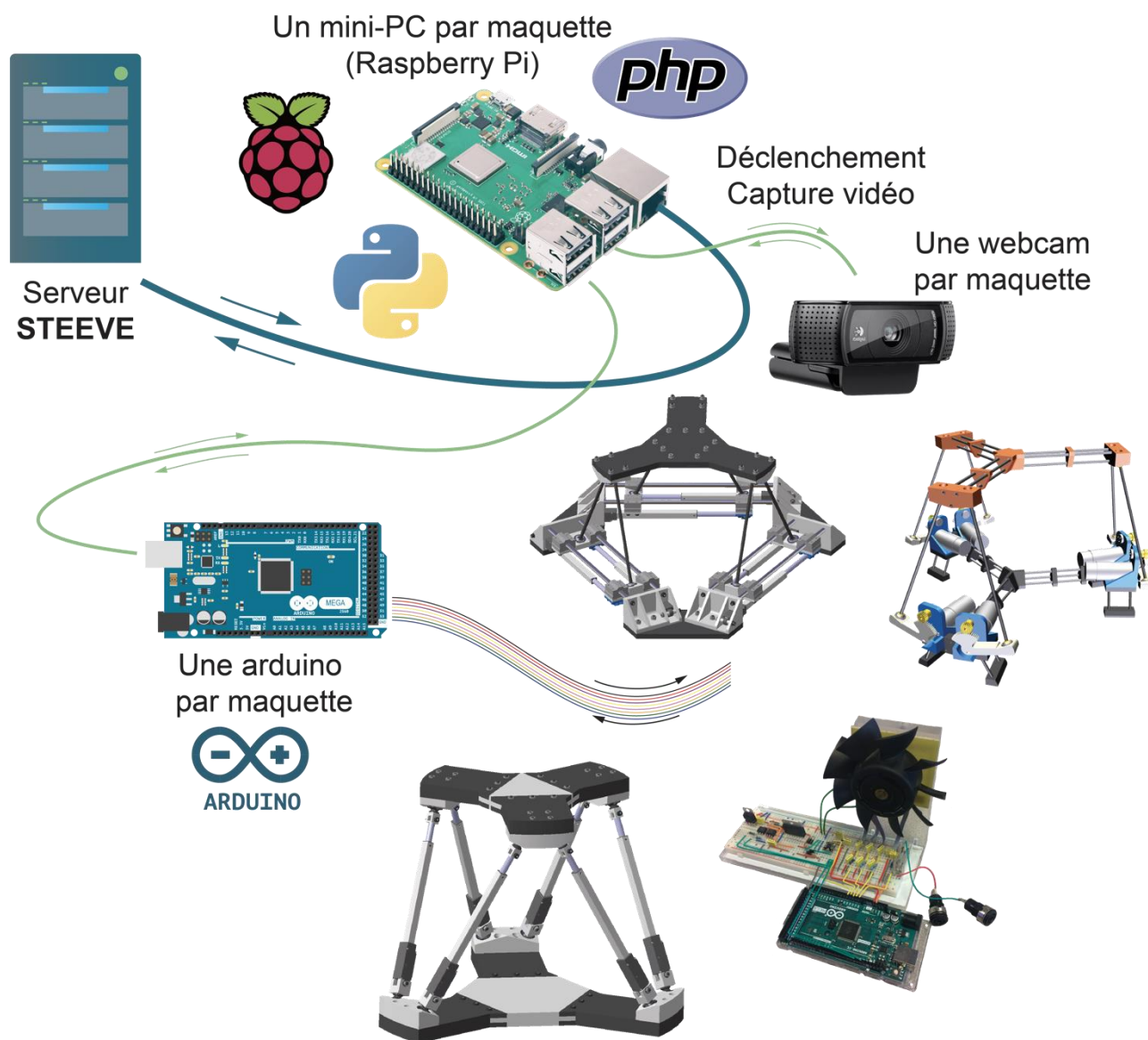


Figure 8 : Principe de pilotage des différents supports robotisés créés

Prenons l'exemple de l'expérience « Plateforme 6 axes-suivi de trajectoire », c'est un hexapode réalisé par les enseignants à moindre coût (voir les ressources « *Réaliser/piloter un hexapode* » [solution 1](#) et [solution 2](#) [2]). La plateforme mobile de l'hexapode est pilotée par des paramètres à choisir par l'apprenant comme le type de trajectoire (menu en haut Figure 9), les paramètres géométriques de cette trajectoire et sa discrétisation (trois premiers curseurs, dépendant du choix de trajectoire, l'altitude de la plateforme deuxième curseur), le correcteur utilisé pour réaliser l'asservissement en position sur chaque position intermédiaire, etc.

L'apprenant est ensuite redirigé vers le résultat de l'expérience. Le temps d'expérience est un peu plus long puisque le système est piloté et réalise réellement le mouvement souhaité. L'information est restituée sous la forme d'un fichier PDF détaillant un certain nombre de courbes issues de quantités mesurées sur l'hexapode durant son mouvement et d'un fichier texte contenant les valeurs pouvant être post-traitées dans un tableur ou un logiciel type Matlab par exemple. L'apprenant a aussi accès à une vidéo qui permet de visualiser le déroulement de l'expérience (voir vidéo « *Pilotage à distance d'un hexapode* » [3]).

PLATEFORME 6 AXES (TYPE 1) - SUIVI DE TRAJECTOIRE

EXPÉRIENCE PRATIQUE

Système

Plateforme 6 axes (type 1)

Le système étudié est une maquette de plateforme 6 axes, souvent appelé hexapode. Ce type de système permet notamment de réaliser des déplacements de vite ou de courbure. Dans le système étudié, la plateforme mobile est animée par l'intermédiaire de 6 vérins hydrauliques linéaires et montés en parallèles entre la plateforme et la base. L'objectif de la maquette pédagogique réalisée est notamment de tester différents stratégies de pilotage.

Expérience

Plateforme 6 axes (type 1) - Suivi de trajectoire

Description :

L'objectif de cette expérience est de tester l'influence des paramètres de pilotage sur la qualité de la trajectoire obtenue par rapport à la trajectoire souhaitée. Différentes trajectoires peuvent être demandées et discrétisées plus ou moins finement. Pour chaque trajectoire, des paramètres géométriques sont à définir. Les paramètres liés au pilotage sont :

- la discrétisation de la trajectoire
- les ordonnées de la base d'asservissement (temps et précision)
- le correcteur PID utilisé

J'EXPÉRIMENTE !

Paramètres d'entrées

Trajectoire (▼) : Carré

Carré (mm) (▼) : 0 à 40 mm

Altitude (mm) (▼) : 232 à 292 mm

Nombre de points (▼) : 1 à 10

Temporisation (ms) (▼) : 100 à 10000

Tolérance (mm) (▼) : 0.25 à 1.5 mm

Kp (▼) : 0 à 10

Ki (▼) : 0 à 10

Kd (▼) : 0 à 10

Calcul position plateforme (▼) : ON

LANCER L'EXPÉRIENCE !

Figure 9 : Interface de l'expérience pratique synchrone choisie

RÉSULTAT DE VOTRE EXPÉRIENCE

[Changer les paramètres de mon expérience](#)[Contacter le support](#)

Paramètres

Trajectoire : Cercle

Rayon (mm): 90

Altitude (mm): 290

Nombre de points : 46

Temporisation (ms): 1000

Tolérance (mm): 1.5

Kp : 20

Ki : 0.05

Kd : 35

Calcul position plateforme : False

Documents

Tracés expérimentaux - Longueurs vérins

pdf

Valeurs expérimentales - Longueurs vérins

txt

Vidéo de l'expérience



Figure 10 : Interface des résultats de l'expérience pratique synchrone choisie

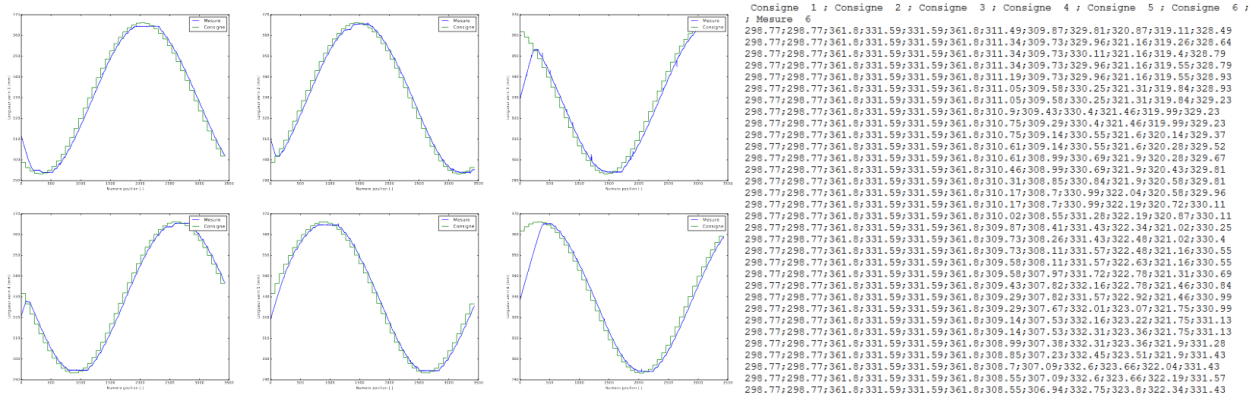


Figure 11 : Exemple de résultats pour une trajectoire circulaire de rayon 90 mm, nombre de points 46, à gauche le fichier PDF, à droite le fichier texte

3.3 - Expériences exploitant une base de données expérimentales

Une autre solution consiste à générer, en amont de l'usage par les étudiants, une base de données expérimentales regroupant, pour de nombreuses combinaisons de réglages, les réponses mesurées. Cela permet, *a posteriori*, aux apprenants ayant défini un protocole d'essai (variation d'un paramètre, relevé d'un ou plusieurs capteurs), de tracer les résultats qu'ils auraient obtenus s'ils avaient fait l'essai eux-mêmes. Cette solution a l'avantage de ne pas bloquer un support matériel, de ne poser aucun problème de sécurité, mais nécessite un investissement humain important pour construire la base de données expérimentales.

Prenons l'exemple de l'expérience « Mesure des déformations d'un treillis », expérience simple d'une structure testée sur banc d'essai et sur laquelle on collecte des informations de déformation. Cette expérience est basée sur le même support que la première expérience présentée (« Expériences numériques », paragraphe 3.1). L'apprenant choisit l'effort appliqué (curseur Figure 12), le type de montage expérimental (menu du milieu) et enfin la mise en charge ou en décharge (menu du bas). Il restera ensuite à lancer l'expérience.

MESURE DES DÉFORMATIONS D'UN TREILLIS

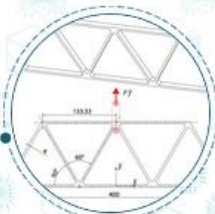
EXPÉRIENCE PRATIQUE

Système

Treillis plan à 11 barres

La structure étudiée dans cet exercice est un treillis en aluminium. Le matériau a pour propriétés : E=70000 N/mm² et nu=0,346. Le treillis considéré est celui dans le menu et composé d'éléments formant une grille rectangulaire : h=12 mm et b=4 mm. Le chargement et les conditions aux limites y sont également précisés :

- Chargement au centre dans la direction y d'intensité F variable
- Liens avec le bâti réalisés par des boudins (B,1) et (B,2) dont l'emplacement est variable.



Expérience

Mesure des déformations d'un treillis

La truss est mesurée dans la stratégie Deformable qui permet de la charger progressivement dans son plan. On mesure les déformations sur 12 jauges montées en appellation sur 6 points d'effort du treillis. Deux jauges montées sur une même poutre numéro n sont notées ϵ_n^+ et ϵ_n^- . Cette expérience permet de récupérer ces déformations mesurées (en micro-déformation) pour différentes valeurs d'effort appliqué et pour différents montage d'assemblage :

- quart de pont : on mesure indépendamment les 12 déformations ϵ_n^+ et ϵ_n^- ;
- demi-pont -1 : on mesure les sommes des déformations sur les jauges $\epsilon_n^+ + \epsilon_n^-$.



J'EXPÉRIMENTE !

Paramètres d'entrées

Effort imposé (N) : 500 N

Type de pont : Quart-de-pont

Mise en charge : Charge

LANCER L'EXPÉRIENCE !

[Contactez nous](#)

Figure 12 : Interface de l'expérience pratique asynchrone choisie

L'apprenant est ensuite rapidement redirigé vers le résultat de l'expérience. Dans ce type d'expérience, STEEVE va rechercher les informations dans une base de données. L'information est restituée sous la forme d'un fichier PDF détaillant le protocole expérimentale suivi pour construire la base de données et d'un fichier texte contenant les résultats demandés.

RÉSULTAT DE VOTRE EXPÉRIENCE

[Changer les paramètres de mon expérience](#)
[Contacter le support](#)

Paramètres

Effort imposé (N): 400

Type de pont : Quart-de-pont

Mise en charge : Charge

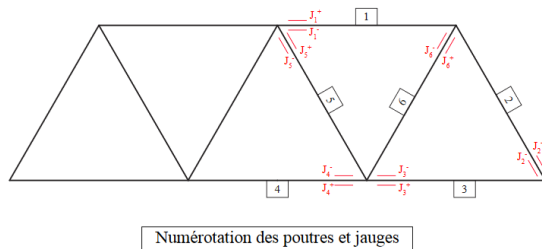
Vidéo de l'expérience

Documents

Résultats expérimentaux télécharger

Implantation et numérotation pdf

Figure 13 : Interface des résultats de l'expérience pratique asynchrone choisie



```
Effort (N) ; J1+(mudef) ; J1-(mudef) ;
J2+(mudef) ; J2-(mudef) ; J3+(mudef) ;
J3-(mudef) ; J4+(mudef) ; J4-(mudef) ;
J5+(mudef) ; J5-(mudef) ; J6+(mudef) ;
J6-(mudef) ; U(microns)
400.0 ; 49.0 ; 49.0 ; 33.0 ; 62.0 ; -27.0
; -45.0 ; -72.0 ; -75.0 ; 58.0 ; 38.0 ;
-43.0 ; -53.0 ; 30.0
```

Figure 14 : Exemple de résultats pour $F = 400 \text{ N}$, montage quart de pont et en charge, à gauche le fichier PDF, à droite le fichier texte

4 – Principe de fonctionnement vu du créateur d'expérience

Un enseignant souhaitant créer une expérience doit avoir actuellement un rôle d'administrateur sur la plateforme STEEVE. Dès lors il aura accès :

- à la liste des systèmes existants : il pourra modifier les systèmes existants (descriptif, image) ou en créer d'autres ;
- à la liste des expériences existantes : là aussi, il pourra modifier les expériences existantes ou en ajouter de nouvelles ;
- à la liste des serveurs distants : une expérience numérique ou pratique est réalisée sur un serveur distant dont il faut préciser l'adresse lors de la création de l'expérience ;
- à la liste des utilisateurs qu'il pourra compléter pour y ajouter notamment un nouveau groupe d'étudiants.

Lors de l'ajout d'une nouvelle expérience, l'enseignant aura accès à l'interface présentée en Figure 15. La partie supérieure de la fenêtre permet de définir le nom de l'expérience, le système auquel elle se rapporte (un même système peut être associé à plusieurs expériences numériques et pratiques), le type d'expérience (numérique ou pratique), le serveur sur lequel l'expérience va être réalisée et le nom du script PHP à exécuter au lancement de l'expérience par l'étudiant ; en phase de développement, l'expérience peut ne pas être publiée ; elle est alors seulement visible par l'administrateur. La partie inférieure permet ensuite d'ajouter des paramètres.

Figure 15 : Interface de création d'une expérience par un administrateur

La Figure 16 présente la création d'un paramètre associé à une expérience. La partie de droite permet de créer un paramètre de type « liste », « nombre », ou « booléen », et de préciser ce que représente ce paramètre. Une aide sera visible sous forme d'« info-bulle » par l'utilisateur lorsqu'il remplira le formulaire. Il reste ensuite à définir les valeurs que peut prendre ce paramètre ; éventuellement un autre paramètre dépendant des valeurs de ce premier paramètre peut être ajouté.

Figure 16 : Exemple de création de paramètres dans une expérience

5 – Premiers retours d'expériences

Dans le cadre du confinement de mars à mai 2020, la plateforme STEEVE a été utilisée par des étudiants de la formation SAPHIRE (Sciences Appliquées en PHYSIQUE et Ingénierie pour la Recherche et l'Enseignement supérieur, première année en Sciences pour l'Ingénieur à l'ENS Paris-Saclay).

Les séances de TP ont du se dérouler à distance et se sont appuyées sur deux types de TP de la plateforme STEEVE : l'extraction de données expérimentales dans une base de données et la simulation numérique par éléments finis. La troisième possibilité, la réalisation d'expériences en temps réel sur des systèmes physiques, n'a pas été exploitée pour la simple raison que les machines qui auraient dû être utilisées n'avaient pas été « robotisées » avant le confinement, et ne pouvaient pas l'être pendant.

5.1 - Témoignage d'un des enseignants des travaux pratiques à distance

« Il s'agit des travaux pratiques de RdM de la formation SAPHIRE. Comportant initialement des parties expérimentales et numériques, ces TP ont pu être réalisés en distanciel grâce à la plateforme STEEVE lors du confinement du printemps 2020.

Certaines expériences virtuelles ont été mises en place sans déplacement sur site, sur la base de mesures déjà établies par des enseignants pour la préparation des TP. La structure actuelle permet assez facilement de développer de nouvelles expériences.

Une fois connectés, les étudiants ont pris en main l'outil sans difficulté et l'ont exploité rapidement. Enfin, avec cette plateforme, plusieurs groupes d'étudiants peuvent réaliser

simultanément des expériences virtuellement sur le même dispositif, ce qui s'adapte tout autant au mode distanciel synchrone qu'asynchrone.

Cela ne remplacera jamais un TP en présentiel, mais cela en reste relativement proche. »

5.2 - Sondage réalisé auprès des étudiants

Une trentaine d'étudiants a réalisé ces TP en distanciel sur la plateforme STEEVE, et un rapide sondage en cinq questions leur a été soumis :

1. Quelle est votre perception de l'utilité d'une plateforme de TP en ligne comme STEEVE ? 5 niveaux de réponse de 1 = inutile à 5 = très utile
2. Précisez ce que vous aimez ou pas dans le concept d'une plateforme de TP en ligne (plus largement que STEEVE)
3. Précisez dans quel cadre (autre que le confinement) vous aimeriez pouvoir utiliser ce type de plateforme de TP en ligne
4. Quelle est votre perception de l'ergonomie de la plateforme STEEVE ? (ne pas répondre si pas de souvenir...). 5 niveaux de réponse de 1 = très peu pratique à 5 = très facile d'accès et pratique
5. Précisez ce que vous auriez aimé dire et que vous n'avez pas pu dire dans les champs précédents

19 réponses ont été reçues pour les quatre premières questions et 6 pour la cinquième. Une synthèse de ces réponses est proposée ci-dessous.

1. Plus de la moitié (10/19) estime ce type d'outils très utile, 15 répondants estiment le niveau d'utilité supérieur ou égal à 4 sur une échelle de 5 et aucun répondant ne juge ce type d'outil totalement inutile.

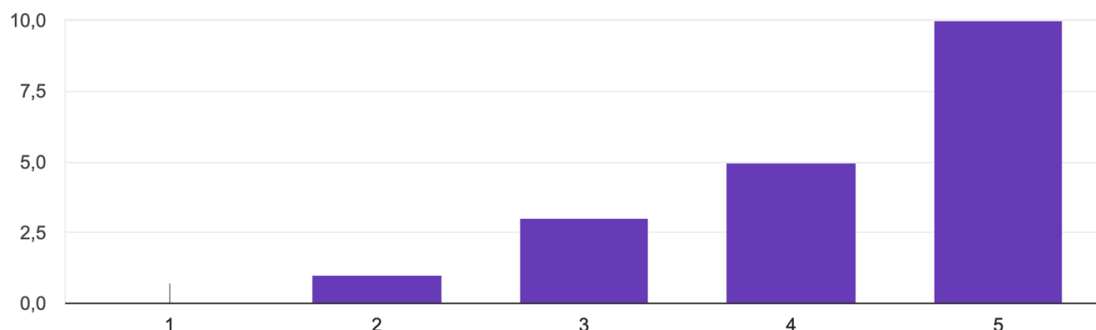


Figure 17 : Répartition des 19 réponses à la question 1 (Niveau 1 = inutile, niveau 5 = très utile)

2. Les principaux éléments jugés positifs dans le concept d'une plateforme de TP en ligne :
 - ✓ Possibilité de reprendre des manipulations en dehors des créneaux prévus pour les TP ;
 - ✓ Possibilité de pouvoir réaliser des TP dans le contexte du confinement ;
 - ✓ Permet de conserver la démarche et les raisonnements d'un TP ;
 - ✓ Les données utilisées sont jugées déjà validées par les enseignants et donc exploitables (aspect rassurant) ;
 - ✓ Possibilité d'accéder à des simulations faites avec des logiciels non accessibles habituellement ;
 - ✓ Possibilité de « manipuler » à plusieurs le même support.

Les principaux éléments jugés négatifs dans le concept d'une plateforme de TP en ligne :

- ✓ Méconnaissance et imprécision de l'origine des résultats fournis par la plateforme, du protocole suivi pour les obtenir ;
 - ✓ Regret de ne pas manipuler directement ;
 - ✓ Perte de l'aléa d'un TP ;
 - ✓ Risque de généralisation et de perte du TP en présentiel.
3. Les principaux usages de ce type de plateforme (en dehors du confinement) envisagés par les étudiants sont :
- ✓ Travail personnel en dehors des heures prévues pour les TP ;
 - ✓ Utilisation de machines trop chères ou exotiques pour être mises à disposition dans un établissement seulement (mutualisation par l'accès à distance) ;
 - ✓ Expériences « simples » où la manipulation est peu intéressante ;
 - ✓ Peu de risque de dégrader le matériel ;
 - ✓ Pendant un TP en présentiel ou un problème technique survient, possibilité d'avoir accès à des mesures stockées facilement ;
 - ✓ Pendant un cours, en application d'un cours.
4. 16 répondants sur 19 chiffrent l'ergonomie à un niveau supérieur ou égal à 4 sur une échelle de 1 (faible ergonomie) à 5 (très bonne ergonomie).

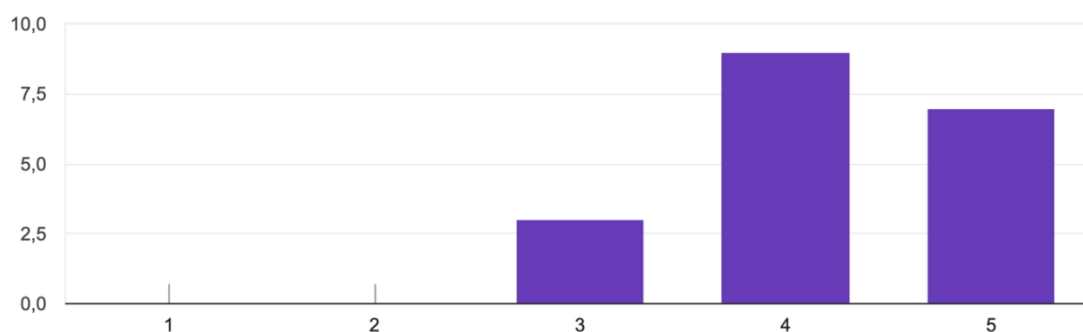


Figure 18 : Répartition des 19 réponses à la question 4 (niveau 1= très peu pratique, niveau 5 = très facile d'accès et pratique)

5. 6 réponses pour les suggestions libres, dont il ressort un manque d'information sur l'expérience distante. La présence d'une photo, d'un texte de description, et d'une info-bulle sur chaque paramètre semble donc insuffisante.

6 – Perspectives de déploiement de STEEVE

6.1 - Amélioration de l'interface web

L'amélioration de l'interface de la plateforme STEEVE comporte trois directions : la correction de l'existant, l'apport d'une structuration, et l'ajout de fonctionnalités.

Quelques dysfonctionnements du prototype STEEVE ont été constatés en particulier dans la recherche de résultats existants dans la base (les résultats d'une expérience numérique ou pratique déjà réalisée peuvent alors être restitués très rapidement). Ces bugs doivent être clairement mesurés, compris et bien évidemment corrigés.

Une structuration de l'interface serait nécessaire, à l'image de ce qu'on peut trouver dans un système LMS (Learning Management System), afin de limiter les accès de chacun, enseignants comme étudiants, à un ensemble d'expériences pertinentes dans le cadre d'une formation, et de limiter les droits de modification au sein de cet ensemble en fonction d'un rôle attribué à chacun. On peut par exemple imaginer le dégradé de rôles suivant :

- rôle étudiant : il peut réaliser les expériences auxquelles il a été inscrit ;
- rôle enseignant : en plus des possibilités du rôle étudiant, il peut supprimer des résultats d'expériences de la base auxquelles il a accès ;
- rôle enseignant éditeur : en plus des possibilités du rôle enseignant, il peut créer des expériences dans la base, permettre l'accès à des étudiants et enseignants aux expériences qu'il a créées ;
- rôle gestionnaire : en plus des possibilités du rôle enseignant éditeur, il peut créer des catégories d'expériences et autoriser les accès à cette catégorie pour des groupes d'utilisateurs ;
- rôle administrateur : a tous les droits sur la plateforme, peut inscrire les utilisateurs à la plateforme, créer des nouvelles catégories d'expériences.

Des ajouts de fonctionnalités sont envisagés sur plusieurs volets. Les premiers retours des utilisateurs montrent qu'il faut améliorer la compréhension par les étudiants de ce qu'ils manipulent avec un contexte précisé, au-delà d'un simple descriptif via un texte et une image. Par exemple, des vidéos de présentation interactives pourraient être intégrées à STEEVE ou à un LMS. Sont également envisagées la possibilité d'envoyer des fichiers à l'expérience distante en complément des paramètres ce qui permettrait d'élargir la gamme d'expériences réalisables à distance. Enfin, la génération automatique de structures de code pourrait aider les utilisateurs à créer les expériences distantes (codes PHP, Python, script shell, etc).

La réalisation de l'interface existante avait été confiée à la société [Audience Pro](#). Si un nouveau projet voit le jour, son évolution le sera également.

6.2 - Amélioration de l'infrastructure

Avec le développement de la plateforme STEEVE, l'infrastructure doit également évoluer. Il faudra adapter les performances du serveur hébergeant STEEVE afin qu'il soit capable de supporter un plus grand flux de connexions et de stocker les résultats des expériences réalisées. L'investissement dans un serveur de calcul séparé permettrait une puissance de calcul bien supérieure à l'existant et la réalisation d'un plus grand nombre de simulations numériques simultanées.

6.3 - Déploiement

Formation des formateurs

La formation des enseignants sur la plateforme STEEVE est envisagée sur trois niveaux selon l'expertise nécessaire ou souhaitée.

La première phase pourrait se dérouler en assemblée large. Il s'agirait d'une présentation de l'outil, de son concept, avec une démonstration des expériences. Le public pourrait ne pas se limiter aux enseignants des sciences pour l'ingénieur, afin d'éveiller l'intérêt au sein d'autres disciplines (voir plus loin la partie « Extension à d'autres disciplines »).

La deuxième phase s'adresserait à des groupes plus petits, de l'ordre de 16, ayant déjà suivi la phase 1. Il s'agirait d'appréhender l'utilisation de la plateforme avec des étudiants avec les expériences existantes. Un cours sur la plateforme e-campus est envisagé avec des activités intégrées à e-campus et d'autres sur STEEVE. Cette formation pourrait être réalisée à distance, à destinations d'usagers enseignants, mais non créateurs d'expériences.

La troisième et dernière phase, s'adresserait à des groupes de 12 personnes sous la forme de mini-projets. Pour les plus intéressés issus de la phase 2, il s'agirait de développer sa propre expérience

à intégrer par la suite dans la plateforme STEEVE. Cette formation pourrait être réalisée en présentiel, à destinations d'usagers enseignants et créateurs d'expériences.

Extension à d'autres disciplines

Initialement, cette plateforme est le résultat d'un projet pédagogique adapté aux besoins des travaux pratiques en sciences pour l'ingénieur. Néanmoins, le concept est très probablement utilisable dans d'autres disciplines. Voici quelques idées :

- Expériences d'optiques pour lesquelles les réglages pourraient être constituées par les positions des différents éléments optiques sur un banc optique ; elles pourraient être de type base de données ou robotisées s'y on ajoute au banc optique un système mécanique de réglage en position des éléments ;
- Expériences numériques d'analyse de données obtenues par cytométrie en flux (analyse FACS) ; les appareils réalisant ces acquisitions fournissent, pour chaque individu d'une population de cellules, sa taille, sa forme ou sa structure, et divers niveaux de fluorescence émise par la cellule elle-même ou par un anticorps couplé à un fluorochrome et lié spécifiquement à la cellule ; le traitement de ces résultats se fait à l'aide de logiciels permettant de tracer des graphes, de sélectionner des populations, etc ; ce savoir-faire pourrait être développé à distance via une ou plusieurs expériences numériques basées sur quelques jeux de données.

7 – Conclusion

Cette ressource retrace une partie des résultats obtenus à travers le projet pédagogique STEEVE, un peu à l'image de la vidéo de présentation réalisée pendant le premier confinement du printemps 2020 [4]. Nous rappelons ici que ce type d'outils permettant la pratique à distance ne remet pas en question l'existence de TP en présentiel, mais doit être vu comme des compléments pédagogiques utiles à toute situation non conventionnelle. Nous espérons enfin que cette ressource pourra alimenter les réflexions de continuité pédagogique, participer à l'élaboration de TP à distance dans d'autres domaines ou disciplines.

Références :

[1]: Déformation d'une structure treillis, F. Louf, https://eduscol.education.fr/sti/si-ens-paris-saclay/ressources_pedagogiques/deformation%20d%27une-structure-treillis

[2]: Réaliser/piloter un hexapode - solution 1, F. Louf, L. Richard, F. Ventura, https://eduscol.education.fr/sti/si-ens-paris-saclay/ressources_pedagogiques/realiser-piloter-un-hexapode-solution1

Réaliser/piloter un hexapode - solution 2, F. Louf, L. Richard, F. Ventura, https://eduscol.education.fr/sti/si-ens-paris-saclay/ressources_pedagogiques/realiser-piloter-un-hexapode-solution2

[3]: Pilotage à distance d'un hexapode, F. Louf, https://eduscol.education.fr/sti/si-ens-paris-saclay/ressources_pedagogiques/pilotage-a-distance-dun-hexapode

[4]: <https://www.youtube.com/watch?v=IZBB46SBE9w>

Ressource publiée sur Culture Sciences de l'Ingénieur : <https://eduscol.education.fr/sti/si-ens-paris-saclay>