

DÉMARCHE D'INVESTIGATION EN 5<sup>E</sup>

# Dessine-moi un treillis

CHRISTOPHE ALASSEUR<sup>[1]</sup>

*Dans le numéro 176, nous avons vu que la démarche d'investigation se décompose en 6 étapes : problématique, hypothèses, recherche, résultats, interprétation, conclusion. Dès qu'ils se sont approprié le problème, les élèves doivent être en mesure de proposer des représentations de leurs hypothèses. Dans cette séance appliquée à l'étude d'une structure en treillis, une « ardoise magique » vient leur faciliter cette étape primordiale.*

La rénovation simultanée des programmes de technologie, de mathématiques et de sciences au collège a permis d'unifier les méthodes pédagogiques, notamment par l'adoption de la démarche d'investigation. Déjà utilisée en primaire, celle-ci devient peu à peu familière aux collégiens, qui continueront à l'utiliser au lycée pour peu qu'ils poursuivent leurs études en STI2D. Il est donc essentiel pour nous, enseignants, d'en maîtriser les différentes étapes. Rappelons ici que la démarche d'investigation, contrairement à la démarche de projet, ne fait pas l'objet d'un enseignement, mais qu'elle est une méthode pédagogique utilisée par l'enseignant pour rendre les élèves acteurs de leurs apprentissages.

## Le contexte pédagogique

La séquence dont est extraite la séance présentée ici est destinée aux classes de 5<sup>e</sup> ; elle s'inscrit dans le cadre du centre d'intérêt CI3. « Pourquoi un ouvrage ne s'effondre-t-il pas ? ». Lors d'une première séance, les élèves ont été sensibilisés aux différentes causes d'effondrement possibles par une série de photos et de vidéos de cas réels. Pendant la deuxième, les élèves ont analysé le comportement de la structure sous charge d'un pont en treillis. Les différentes sollicitations mécaniques – traction et compression – appliquées aux éléments constitutifs de l'ouvrage ont été mises en évidence au moyen d'une maquette composée d'éléments déformables de manière visible **1**. En parallèle, la notion de flexion a été abordée grâce à l'utilisation



**1** La maquette de pont déformable

## mots-clés

collège, démarche d'investigation, matière & structure

d'un banc d'essai permettant de mesurer la déformation sous charge de poutres de différentes géométries (voir « Le matériel utilisé » en encadré).

La troisième et dernière séance, celle qui nous intéresse ici, clôt la séquence. Elle vise à faire comprendre par une démarche d'investigation le principe de construction d'une structure en treillis et la manière de l'alléger sans réduire sa capacité à résister à une charge. Elle met en œuvre les connaissances suivantes du programme :

- Propriétés des matériaux
- Propriétés mécaniques et esthétiques d'une structure
- Solutions techniques
- Croquis, schémas

Elle fait appel à la compétence 3 du socle commun, « Les principaux éléments de mathématiques et la culture scientifique et technologique » :

- **Pratiquer une démarche scientifique et technologique, résoudre des problèmes**

- Réaliser, manipuler, mesurer, calculer, appliquer des consignes
- Raisonner, argumenter, pratiquer une démarche expérimentale ou technologique, démontrer
- Présenter la démarche suivie, les résultats obtenus, communiquer à l'aide d'un langage adapté

- **Savoir utiliser des connaissances dans divers domaines scientifiques**

- Les objets techniques : analyse, conception et réalisation ; fonctionnement et conditions d'utilisation

Durant la séance, les élèves en classe entière sont répartis en six groupes qui effectueront le même travail. Les îlots disposent chacun d'une maquette de pont ayant une structure en treillis modulaire modifiable, du logiciel Bridge Building Game permettant de dessiner des ponts à structure en treillis et de tester leur résistance au passage d'un train (voir « Le matériel utilisé » en encadré), et d'une « ardoise magique » – en fait, un document plastifié – facilitant la proposition d'hypothèses **2**.

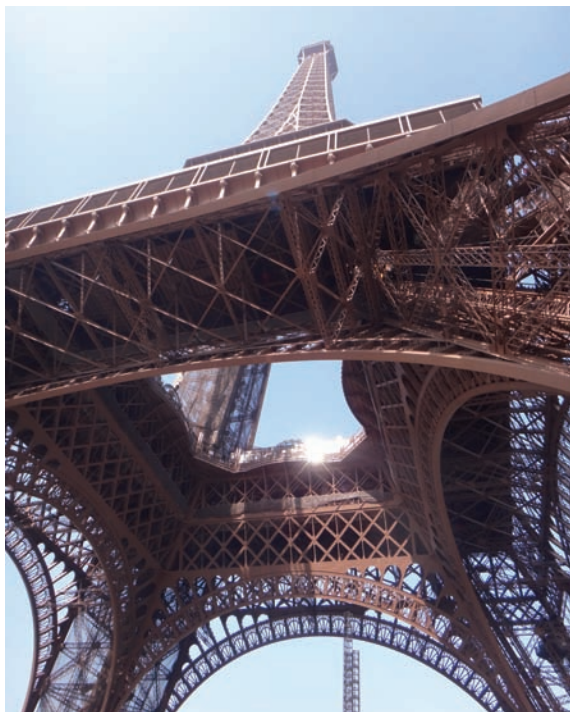
Assimilable à un *paperboard*, cette ardoise est très intéressante : elle permet aux élèves de proposer des schémas, de les soumettre aux camarades du groupe, et de les modifier facilement. Réutilisable pour toutes les classes du niveau, à condition de fournir un feutre non permanent pour dessiner dessus, elle ne rejoindra pas le classeur des élèves, mais elle fait partie du

[1] Professeur de technologie au collège François-Furet d'Antony (92).

REPRESENTATION DES HYPOTHESES SOUS FORME DE SCHEMA

H1	Validée <input type="checkbox"/>	Non validée <input type="checkbox"/>			
H2	Validée <input type="checkbox"/>	Non validée <input type="checkbox"/>			
H3	Validée <input type="checkbox"/>	Non validée <input type="checkbox"/>			
H4	Validée <input type="checkbox"/>	Non validée <input type="checkbox"/>			
H5	Validée <input type="checkbox"/>	Non validée <input type="checkbox"/>			
H6	Validée <input type="checkbox"/>	Non validée <input type="checkbox"/>			

## 2 L'« ardoise magique »



## 3 La tour Eiffel

matériel mis à disposition sur l'îlot. Cette « ardoise magique » au statut particulier permet de bien baliser cette étape intermédiaire du travail d'investigation.

### Le déroulement de la séance

#### ● La problématique (5 min)

À quoi pense-t-on tout de suite lorsqu'on est parisien et qu'on étudie les treillis métalliques ? À la tour Eiffel, bien sûr ! **3** En 1981, la « dame de fer » a subi un

lifting qui l'a allégée de 1 340 tonnes. L'idée est d'en faire autant avec les ponts précédemment étudiés. La séance commence donc par une présentation de cette opération, qui doit déboucher sur l'expression de la problématique :







« Est-il possible d'alléger l'ouvrage en supprimant ou modifiant des éléments constituant sa structure sans pour autant réduire sa résistance ? »

Clairement affichée au tableau, elle restera visible jusqu'à la synthèse, qui doit reboucler sur cette question « starter » – cela contribue à ne pas perdre le fil conducteur de l'investigation et à en renforcer le sens. Avant tout démarrage d'activités, il faut être sûr que les élèves l'ont bien assimilée ; il leur est donc demandé de la reformuler.

#### ● Les hypothèses (15 min)

Grâce à l'« ardoise magique », les élèves au sein de chaque îlot recherchent et proposent, sous forme de schémas, des hypothèses **4**. Durant cette phase, le professeur veille au bon fonctionnement des groupes en insistant sur le respect des camarades et de leurs idées, afin de faciliter les échanges internes.

REPRESENTATION DES HYPOTHESES SOUS FORME DE SCHEMA

H1	Validée <input type="checkbox"/>	Non validée <input checked="" type="checkbox"/>	
H2	Validée <input checked="" type="checkbox"/>	Non validée <input type="checkbox"/>	
H3	Validée <input type="checkbox"/>	Non validée <input checked="" type="checkbox"/>	
H4	Validée <input checked="" type="checkbox"/>	Non validée <input type="checkbox"/>	
H5	Validée <input type="checkbox"/>	Non validée <input checked="" type="checkbox"/>	
H6	Validée <input checked="" type="checkbox"/>	Non validée <input type="checkbox"/>	

#### 4 Différentes hypothèses d'élèves

● La simulation (10 min)

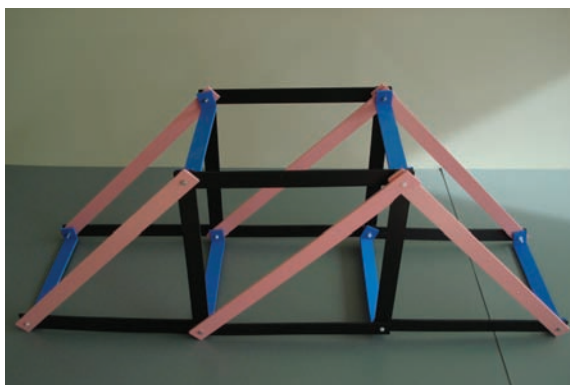
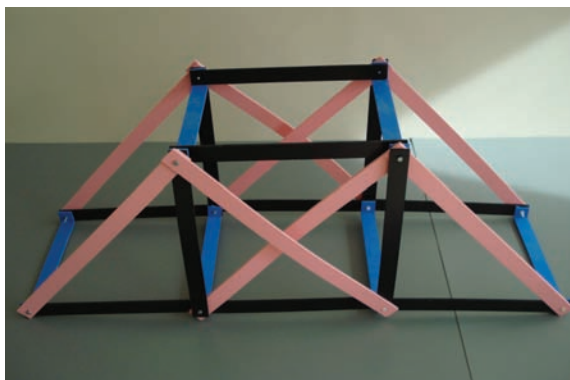
À l'aide du Bridge Building Game, les élèves valident ou non leurs hypothèses. Problème, il arrive que le pont devienne instable sans pour autant se disloquer. Les élèves sont interpellés sur cette situation : dangereuse, elle ne peut être considérée comme une solution valide. Durant cette phase, les élèves ne doivent pas se prendre au jeu – au sens propre – en testant toutes les combinaisons sans réflexion préalable, mais rester dans l'esprit du test afin de simuler leurs hypothèses.

● La modification de la maquette (5 min)

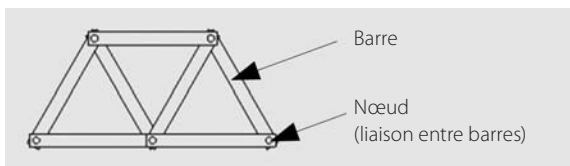
Une fois les hypothèses testées, les élèves modifient la structure de la maquette afin de proposer leur solution à l'ensemble de la classe durant la phase suivante.

● La présentation collective (10 min)

Chaque groupe apporte, au tableau, la maquette modifiée en fonction de ses tests. Première constatation, les maquettes ne sont pas toutes identiques : elles comportent plus ou moins d'éléments, agencés différemment 5.



5 Des maquettes modifiées par les élèves



6 Une structure en treillis

● La synthèse (10 min)

La séance se conclut en classe entière sur une synthèse :

Une structure en treillis est un assemblage de barres verticales, horizontales et diagonales formant des triangles 6, de sorte que sa déformation est réduite lorsqu'il est soumis à un effort. Les axes des barres concourent en nœuds, considérés comme des articulations parfaites.

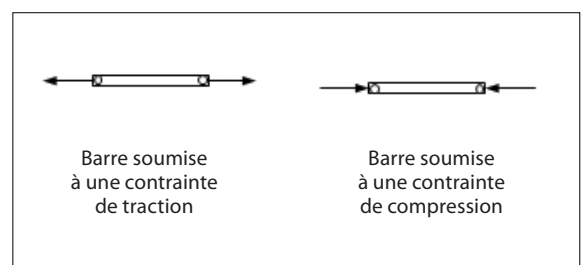
Les structures métalliques en treillis se sont généralisées pendant la révolution industrielle, pour les ponts, les pylônes, les charpentes... Il s'agit d'une méthode de construction rapide et peu coûteuse. Les éléments du treillis sont préfabriqués en usine, et assemblés par boulonnage, rivetage ou soudage sur le site de construction.

Lorsqu'un treillis est soumis à un effort, certaines barres subissent une compression et d'autres une traction 7. Dans le cas d'un pont, les poutres supérieures sont comprimées, les poutres inférieures sont tendues, et les pièces en diagonale évitent le vrillage des poutres principales. Pour alléger une structure en treillis, il faut donc identifier les barres qui ne sont pas sollicitées, ni en traction ni en compression. N'apportant aucune rigidité à la structure, elles pourront être supprimées.

C'est l'occasion d'introduire autre notion, celle de développement durable : utiliser moins de matière dans la construction d'un objet technique permet d'économiser ressources et énergie, et donc d'en réduire l'impact environnemental.

La synthèse globale

La synthèse globale de la séquence résultera de l'assemblage des synthèses de chaque séance. Si l'on attend la fin de la séquence pour en effectuer la synthèse, certains élèves auront oublié les points importants des premières séances, d'où l'intérêt de construire progressivement la trace finale. À chaque fin de séance, l'élève remplira donc dans son cahier la partie correspondante de la feuille de synthèse globale. Cette pratique permet de dynamiser chaque séance en posant une question intrigante à la classe pour les rendre réceptifs, en incitant les élèves à chercher des solutions et en faisant collectivement la synthèse de leurs découvertes.



7 Les contraintes en traction et en compression sur les barres

### Le bilan de la séance

L'utilisation du logiciel Bridge Building Game, typé jeu, et de la maquette a largement contribué à la motivation des élèves. L'« ardoise magique » a grandement facilité la proposition d'hypothèses et a permis les échanges sous forme de critiques constructives au sein du groupe. Il est à noter que tous les élèves se

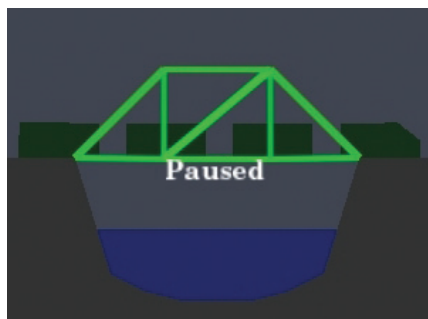
sont investis, et que tous les groupes ont proposé une solution valide. Pour aller plus loin, la modélisation de la solution finale avec un modèle volumique est envisageable, tout comme la visualisation de la nature des contraintes (traction ou compression) dans chaque barre du treillis sur un logiciel simple et gratuit de simulation en résistance des matériaux. ■

## Le matériel utilisé

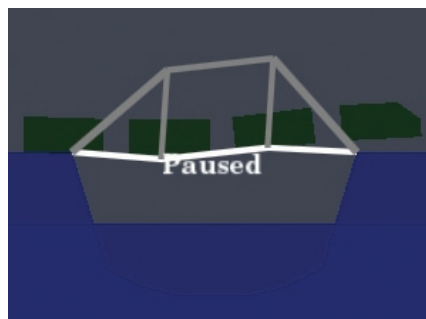
### Le logiciel Bridge Building Game

Ce logiciel gratuit de construction de ponts et de simulation sous forme de jeu ne bénéficie pas d'un graphisme exceptionnel, mais il est gratuit, et très peu gourmand en mémoire.

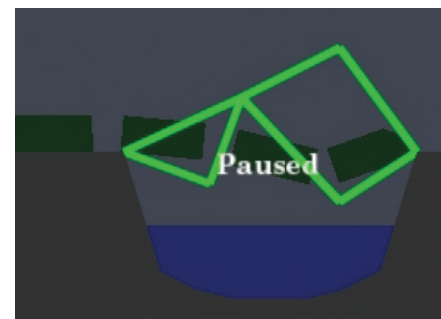
Pour notre séance, les élèves utilisent le niveau 1 pour modéliser leurs hypothèses afin de les tester et les valider ou non. Il s'agit de relier les deux berges avec un pont dont la structure est conforme à leurs hypothèses. Il leur faut donc respecter le nombre de segments et leur position. Pour tester la solidité de la structure, on utilise le menu Test qui déclenche le passage d'un train sur le pont, qui résiste **a**, oscille **b** ou cède **c** sous la charge. Pendant la simulation, il est possible de stopper le train pour imprimer l'écran (pause), d'agir sur sa vitesse (lent, rapide, très rapide), et de faire apparaître les éléments de la construction en différentes couleurs selon les efforts auxquels ils sont soumis.



**a** Le pont résiste



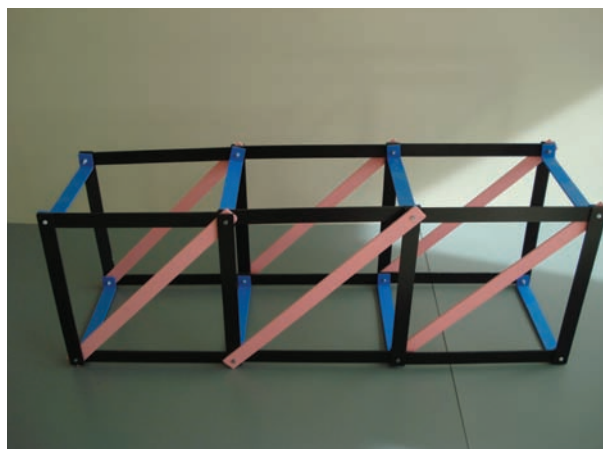
**b** Le pont oscille



**c** Le pont cède

### La maquette du pont en treillis

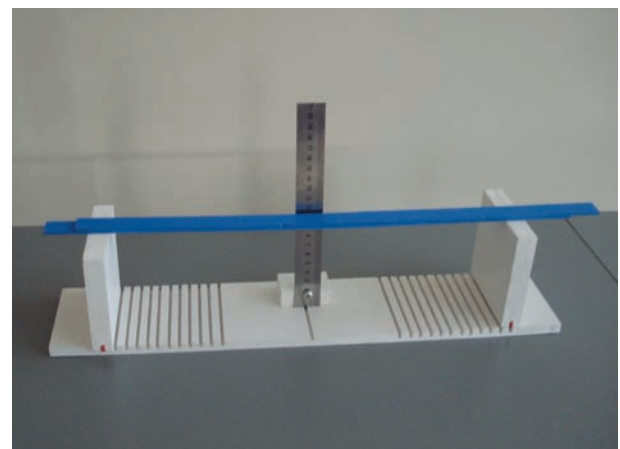
Les éléments la constituant sont réalisés en PVC expansé de 3 mm d'épaisseur soit sur MOCN soit tout simplement avec une rainureuse, et assemblés par une liaison facilement démontable (vis-écrou). Son coût est modique, on peut donc en équiper tous les îlots.



**■** La maquette modifiable

### Le banc de flexion

Il est fabriqué en PVC expansé de 10 mm ; un régllet placé verticalement permet de mesurer la déformation de la poutre. La charge s'applique avec des poids empruntés au laboratoire de physique. Pour aller plus loin, on peut prévoir un comparateur qui permettrait de visualiser de petits déplacements.



**■** Le banc de flexion