



Les ouvrages de Gustave Eiffel d'hier à aujourd'hui

Description synthétique du projet et problématique choisie

Surnommé le magicien du fer, Gustave Eiffel est l'un des ingénieurs français dont la notoriété a largement dépassé les frontières de la France au XIX^e siècle et dont, aujourd'hui, personne n'ignore le nom.

À travers la création et l'alimentation d'un blog, cet enseignement pratique interdisciplinaire se propose de montrer comment la société industrielle du XIX^e siècle influence la création technologique et artistique à travers l'œuvre de Gustave Eiffel.

Problématiques envisagées en technologie :

- **Quelles sont les particularités d'un ouvrage de Gustave Eiffel ?**
- **Pourquoi concevoir une structure en treillis ?**

Il s'agit pour les élèves de retracer son parcours, de recenser ses réalisations et d'indiquer les progrès technologiques et techniques qui ont permis ces constructions. Pour faire le lien avec le XXI^e siècle, l'EPI permet de comprendre comment les métiers des Travaux Publics sont aujourd'hui sollicités pour maintenir en état ce patrimoine industriel et artistique et créer de nouveaux ouvrages métalliques mettant en oeuvre de nouvelles techniques.





Objectifs, connaissances et compétences travaillées

→ Les compétences du socle

Domaine 1 : Les langages pour penser et communiquer

- Comprendre, s'exprimer en utilisant la langue française à l'oral et à l'écrit

Domaine 2 : Les méthodes et outils pour apprendre

- Coopération et réalisation de projets
- Médias, démarches de recherche et de traitement de l'information
- Outils numériques pour échanger et communiquer

Domaine 4 : Les systèmes naturels et les systèmes techniques

- Démarches scientifiques
- Conception, création, réalisation

Domaine 5 : Les représentations du monde et l'activité humaine

- Invention, Elaboration, Production



→ Les compétences disciplinaires

Histoire : Programme de 4^e

► Thème 2 « L'Europe et le monde au XIX^e siècle »

- Sous-thème : « L'Europe de la révolution industrielle. »

Technologie

► Les objets techniques, les services et les changements induits dans la société (S1/S2/S3)

- Relier les évolutions technologiques aux inventions et innovations qui marquent des ruptures dans les solutions techniques.
- Comparer et commenter les évolutions des objets en articulant différents points de vue : fonctionnel, structurel, environnemental, technique, scientifique, social, historique, économique.
- Élaborer un document qui synthétise ces comparaisons.

► Design, innovation et créativité (S4/S5/S6)

- Identifier les conditions, contraintes (normes et règlements) et ressources correspondantes, qualifier et quantifier simplement les performances d'un objet technique existant ou à créer.

► La modélisation et la simulation des objets et systèmes techniques (S5/S6)

- Simuler numériquement la structure et/ou le comportement d'un objet.
- Interpréter le comportement de l'objet technique et le communiquer en argumentant.

Physique-chimie

► La corrosion des métaux et leur traitement

CONTRIBUTION DE L'EPI AUX DIFFÉRENTS PARCOURS

Parcours Avenir :

- Découverte des métiers des Travaux Publics.
- Découverte des métiers (autour la maintenance et de la construction des ouvrages d'art).

Parcours citoyen :

- Sensibilisation au comportement responsable en matière de développement durable.
- Préserver le patrimoine et le transmettre.

Parcours d'éducation artistique et culturelle :

- Découverte du patrimoine architectural.
- Découverte approfondie d'une construction remarquable (Tour Eiffel, Viaduc de Garabit, ...) et rédaction de cartels ou de légendes.

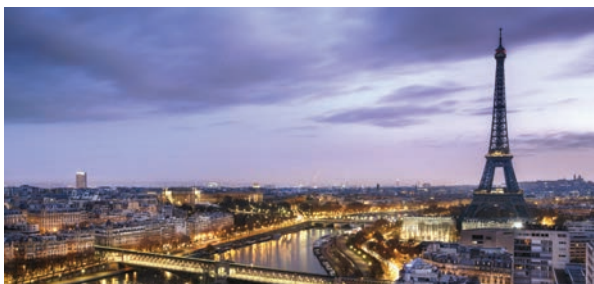
Modalités de mise en œuvre pédagogique



Le projet tel qu'expliqué aux élèves

Surnommé le magicien du fer, Gustave Eiffel est l'un des ingénieurs français les plus connus au monde.

- Quels sont les ouvrages remarquables construits par Eiffel encore visibles aujourd'hui ?
- Innovateur, découvreur, inventeur, génie, ingénieur ?



Modes d'interdisciplinarité

- En parallèle dans chacune des disciplines, ce qui permet une très grande souplesse de fonctionnement.
- En co-animation pour les séances 1, 2, 6 et 7 proposées en histoire, ce qui permettrait un suivi plus facile des élèves sur ces activités.



TEMPORALITÉ



Histoire
environ 8 heures



Technologie
9 à 12 heures



Physique-chimie
1h30

Étapes de mise en œuvre : progression envisagée

Comment la société industrielle du XIXe siècle influence la création technologique et artistique à travers l'œuvre de Gustave Eiffel ?

Discipline 1 : Histoire-géographie

>> Séance 1

- Histoire - Co-intervention possible
- **Mieux connaître Gustave Eiffel**

🕒 Proposition d'activités

► Problème : Qui est Gustave Eiffel ?

À partir d'un ensemble documentaire fourni par l'enseignant, les élèves rédigent la biographie de Gustave Eiffel en vue de sa publication.

📖 Ressources

- Passerelle
- Planete-tp.com
- Structurae



>> Séance 2

- Histoire - Co-intervention possible
Démarrage de la séance 1 de technologie
- **Gustave Eiffel et les ouvrages d'art**

🕒 Proposition d'activités

► Problème : Quels sont les principaux ouvrages d'art réalisés par Gustave Eiffel ? Où sont-ils localisés ?

Les élèves réalisent une carte des ouvrages d'art. Sur un planisphère, chaque ouvrage sera référencé par un point et devra comporter une illustration (source de l'image), une légende et une mini notice (date de début des travaux, date d'achèvement, matériaux utilisés, fonction d'usage de l'ouvrage). Au minimum, chaque élève doit choisir un ouvrage d'art, associer une image, écrire une notice courte.

📖 Ressource

- Association des descendants de Gustave Eiffel

Étapes de mise en œuvre : progression envisagée

>> Séances 3 et 4

- Histoire
- **L'entreprise de Gustave Eiffel**

🕒 Proposition d'activités

► **Problème : Comment fonctionne une entreprise au XIX^e siècle ?**

À partir d'un ensemble documentaire fourni par l'enseignant, les élèves rédigent un article sur l'entreprise de Gustave Eiffel en insistant sur les nouvelles organisations de la production au XIX^e siècle et en montrant les bouleversements culturels et sociétaux induits par ces changements.

Il est aisé de travailler sur l'exemple de la Tour Eiffel dont les éléments sont sortis des ateliers de Gustave Eiffel situés à Levallois-Perret et qui permet de comprendre les méthodes de production très efficaces mises en place par Eiffel.

📁 Ressources

- Structurae : « Compagnie des établissements Eiffel »
- Histoire du groupe EIFFAGE
- Tour Eiffel de Paris : Le travail en atelier



>> Séance 5

- Histoire
- **Le travail au XIX^e siècle**

🕒 Proposition d'activités

► **Problème 1 : Quelles sont les nouvelles modalités de travail au XIX^e siècle ? En quoi modifient-elles le paysage urbain ?**

Il s'agit de montrer, à partir des documents, comment une entreprise au XIX^e siècle modifie le paysage urbain.

Il est possible de travailler sur la ville de Levallois-Perret au XIX^e siècle.

Cette séance peut également être réalisée à l'aide des documents proposés dans le manuel d'histoire de 4^e.

Il peut être très intéressant d'étudier une autre entreprise (Schneider ou Meunier) pour comparer.

Cette séance est également l'occasion de proposer une activité en histoire des arts (travail sur le tableau de Pierre Crémeaux de La ville du Creusot par exemple).

📁 Ressources

- Association des descendants de Gustave Eiffel : Les premiers succès
- Gallica - BNF : Saisir «ateliers Eiffel» pour avoir accès à des ressources exploitables notamment celles du Journal officiel
- Naissance de la ville de Levallois-Perret

Étapes de mise en œuvre : progression envisagée

>> Suite séance 5

► **Problème 2 : Comment porter à la connaissance d'un large public les travaux de Gustave Eiffel ?**

Les élèves réutilisent les recherches effectuées dans la séance 2 en histoire et lors des séances de technologie 1, 2 et 3. Chaque groupe d'élèves rédige un article complet (minimum 2000 signes + iconographie) sur chaque ouvrage d'art sélectionné dont la Tour Eiffel, la Statue de la Liberté, le Viaduc de Garabit, le Viaduc de Rouzat, le Pont-route de Saint-André de Cubzac, la Coupole de l'observatoire de Nice, la Passerelle Eiffel de Bordeaux.

Chaque article peut être utilisé pour accompagner la réalisation en technologie (3D, réalité augmentée, ...).

🔍 **Ressources**

- Passerelle
- Structurae
- Planete-tp : Planète TP possède une photothèque (@ASCO TP).

Discipline 2 : Physique-chimie

>> Séance 1

- Physique-chimie

• **La corrosion des métaux et leur traitement**



>> Séance 8

- Histoire
- **La conservation du patrimoine**

🕒 **Proposition d'activités**

► **Problème : Préserver le patrimoine de Gustave Eiffel, pourquoi et comment ?**

Pour chaque ouvrage présenté dans les séances 6 et 7, les élèves sélectionnent un corps de métier ayant œuvré à la préservation de l'ouvrage, une vidéo ou un article et les mettent en relation avec l'ouvrage d'art. Cette séance peut s'intégrer dans le cadre d'un parcours Avenir.

🔍 **Ressources**

- Passerelle
- Syndicat National des Entrepreneurs Spécialistes de Travaux de Réparation et Renforcement de Structures (STRRES)

🕒 **Proposition d'activités**

Après lecture d'un document expliquant les impacts des pluies acides sur notre environnement, les élèves sont amenés à réaliser une réaction chimique entre un acide et un métal (l'acier). Les produits formés seront identifiés à la suite de tests simples et avec mise à disposition d'une banque de données.

► **Problème : Quelles en sont les conséquences pour un monument tel que la Tour Eiffel ? Comment faire pour la protéger ?**

Étapes de mise en œuvre : progression envisagée

Discipline 3 : Technologie

>> Séance 1

- Technologie
- **Les caractéristiques d'un ouvrage de type Eiffel**

🕒 Proposition d'activités

► **Problème : Quels sont les éléments qui caractérisent un ouvrage Eiffel ?**

En équipe, les élèves recherchent des informations techniques sur les ouvrages et présentent leurs résultats au tableau (5 choix sur les 7 proposés) : Tour Eiffel - Garabit - Viaduc de Rouzat - Pont route de Saint-André de Cubzac - Coupole de l'observatoire de Nice - Statue de la liberté - Passerelle Eiffel de Bordeaux.

Les élèves trouvent les points communs des ouvrages.

Ils réalisent une carte d'identité de 2 à 3 diapositives (date de création / situation géographique / fonction(s) / caractéristiques techniques).

Parallèlement à cette activité, les élèves réalisent des structures en treillis et en forme de parallélogramme pour prouver que le treillis est plus résistant.

📖 Ressources

- Passerelle
- Structurae
- Planete-tp.com
- Association des descendants de Gustave Eiffel
- Barres en pvc + boulons

>> Séances 2 et 3

- Technologie
- **Matériaux et assemblage**

🕒 Proposition d'activités

► **Problèmes : Quel type de matériaux a utilisé Eiffel ? Comment sont assemblées les pièces entre elles ? Quelle a été l'évolution des matériaux d'hier à aujourd'hui ?**

Chaque équipe doit rechercher des informations techniques et présenter ses résultats sous la forme d'une frise en ajoutant les matériaux utilisés pour la construction des ponts actuels (réalisée sur feuille A3 à la main).

Pour les techniques d'assemblages, prévoir une seule fiche comparative.

Certains documents ressources pourront être imprimés pour que les recherches s'effectuent sur table.

📖 Ressources

- Passerelle
- Syndicat National des Entrepreneurs Spécialistes de Travaux de Réparation et Renforcement de Structures (STRRES)
 - Assemblage par rivets à chaud
 - Assemblage par boulons HR
 - Assemblage par soudure
 - Réparation et rénovation des structures métalliques
- Planète TP ► Ressource 1 ► Ressource 2 ► Ressource 3

Étapes de mise en œuvre : progression envisagée

>> Séance 4

- Technologie
- **Réalisation d'un concours**

🕒 Proposition d'activités

▶ **Concours : Réalisation d'un ouvrage (pont) type pont-passerelle à l'aide du texte fourni.**

Chaque équipe dans une même classe est en concurrence, ou chaque classe est en concurrence avec les autres dans le cas où le concours est réalisé sur tout le niveau.

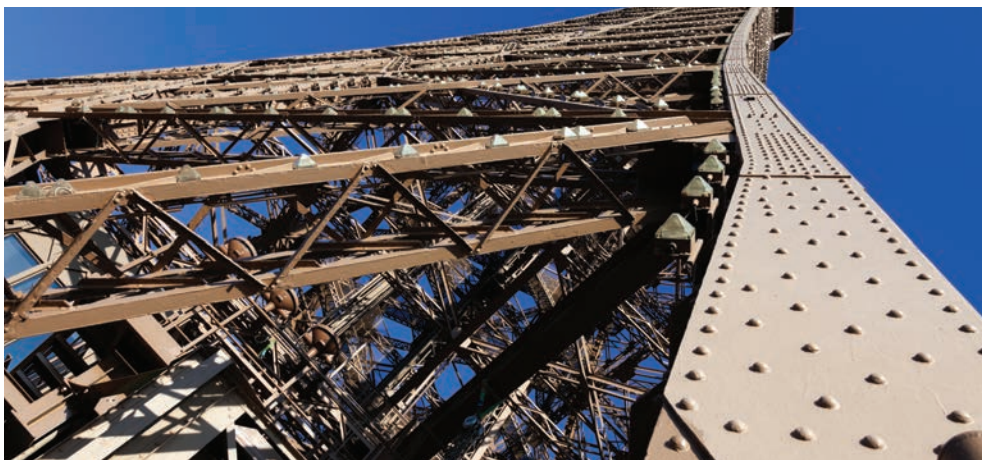
▶ **Problème : Quelles contraintes faut-il respecter ?**

Etude d'un cahier des charges :

À l'aide du texte de règlement du concours, les élèves doivent établir le cahier des charges de la maquette.

📄 Ressource

- Texte du règlement du concours (annexe 1)



>> Séances 5 et 6

- Technologie
- **Conception de la passerelle**

🕒 Proposition d'activités

▶ **Concours : Réalisation d'un ouvrage (pont) type Eiffel.**

Chaque équipe doit proposer des croquis de structure en treillis pour le pont envisagé. Le choix final sera défini en fonction du cahier des charges.

Les élèves dessinent l'ouvrage sur feuille blanche ainsi que sur un logiciel de type Sketchup à l'échelle.

Des tests de la conception sont réalisés à partir du logiciel West Point Bridge.

Chaque équipe doit réaliser, à chaque séance, un compte-rendu afin de garder les traces écrites des travaux réalisés.

Réalisation des barres pour l'assemblage.

📄 Ressources

- West Point Bridge designer pour les tests
- Texte du règlement du concours (annexe 1)
- Exemples de réalisation (annexe 2)
- Masque fichier type pour la réalisation du compte-rendu (annexe 3)
- Fichiers de réalisation des nœuds par impression 3D ou usinage par CN

Étapes de mise en œuvre : progression envisagée

Réalisation

>> Les ouvrages de Gustave Eiffel d'hier à aujourd'hui

● Proposition d'activités

En histoire, une biographie de Gustave Eiffel sera rédigée, une cartographie des principaux ouvrages d'art sera réalisée et mise en ligne, des notices pour chaque ouvrage sélectionné seront rédigées et publiées.

Les séances de technologie prévoient la réalisation et des tests de différentes typologies de structures (séance 1) pour comprendre et vérifier qu'un triangle est indéformable, la création d'une frise concernant les techniques de réalisation du fer et la réalisation de maquettes.

Un blog, un site, une page sur un réseau social (au choix des enseignants) accueille la totalité des réalisations et productions.
Au fur et à mesure, les articles rédigés par les élèves sont corrigés, validés puis publiés en ligne.

BIBLIOGRAPHIE

- Bermond Daniel, Gustave Eiffel - Perrin, Paris (France), 2002
- Bussagli Marco, Qu'est-ce que l'architecture? - Editions Gründ, Paris (France), 2005
- Philippe Couperie-Eiffel, Eiffel par Eiffel - Michel Lafont, Paris, 2013

SITOGRAPHIE

- Passerelle(s) : biographie de Gustave Eiffel, dossier consacré à la construction de la Tour Eiffel, dossier sur le viaduc de Garabit.
 - La Tour Eiffel
 - Le Viaduc de Garabit
- Planète TP
 - Biographie de Gustave Eiffel

- Le Syndicat National des Entrepreneurs Spécialistes de Travaux de Réparation et Renforcement de Structures (STRRES) :
 - Assemblage par rivets à chaud
 - Assemblage par boulons HR
 - Assemblage par soudure
 - Réparation et rénovation des structures métalliques
- Structurae : base de données internationales du patrimoine du génie civil
- L'association des descendants de Gustave Eiffel
- Gallica Bnf : Le site permet notamment de récupérer des photographies. Ces ressources sont également disponibles et téléchargeables pour un usage pédagogique via Eduthèque
- La Construction métallique aujourd'hui (site d'entreprises spécialisées) :
 - Eiffage Métal
 - Site de l'entreprise Baudin Chateauneuf
 - Campenon Bernard
 - Spie Batignolles

Étapes de mise en œuvre : progression envisagée

MÉDIAS

- Sur les traces de Gustave Eiffel, 2009
 - Documentaire de 51 minutes réalisé par Charles Berling et Virginie Couperie-Eiffel (Le documentaire se trouve séquencé sur le site de France TV éducation)
- C'est pas sorcier – La Tour Eiffel, 1996, émission de 26 minutes

CRITÈRES DE RÉUSSITE, MODALITÉS D'ÉVALUATION INDIVIDUELLE / COLLECTIVE

- La production n'est pas évaluée en tant qu'objet car l'évaluation doit porter sur les choix qui ont été faits (démarches, solutions, contenus, respect des contraintes...).



LIEN AVEC LES PARCOURS AVENIR

- Les entreprises de Travaux Publics construisent, posent, entretiennent, rénovent les réseaux d'infrastructures :
 - de communication (routes, rues, autoroutes, ponts, tunnels, lignes de chemin de fer, de LGV, parkings, pistes cyclables, métro, tramway, voies navigables, ports, réseaux télécoms, numériques, fibre optique etc.),
 - d'eau (réseaux d'eau potable, d'eaux pluviales, d'assainissement, stations d'épuration...),
 - de déchets (usine d'incinération, de retraitement),
 - d'énergie (centrales nucléaires, hydrauliques, charbon, lignes électriques aériennes ou enterrées, éclairage public, illuminations, éoliennes...),
 - de loisirs (stades, bases de loisirs...).
- Dans le cadre de cet EPI, l'élève pourra donc découvrir les métiers des Travaux Publics liés à la construction et à la maintenance des ouvrages d'art et plus précisément la construction métallique

► Ressources

- Chaîne YouTube de la FNTF
- Fiches métiers de la FNTF
- Brochures métiers de la FNTF
- Magazine « Les Travaux Publics, une passion durable »
- Planete-tp.com
- Le Syndicat National des Entrepreneurs Spécialistes de Travaux de Réparation et Renforcement de Structures (STRRES)

- Fédération Nationale des Travaux Publics / Enseignements Pratiques Interdisciplinaires / 2016-2017
- Crédit photos @ Fotolia ● Réalisation : com1evidence.eu

En partenariat avec  PRO BTP

Annexe 1 : Texte du règlement du concours

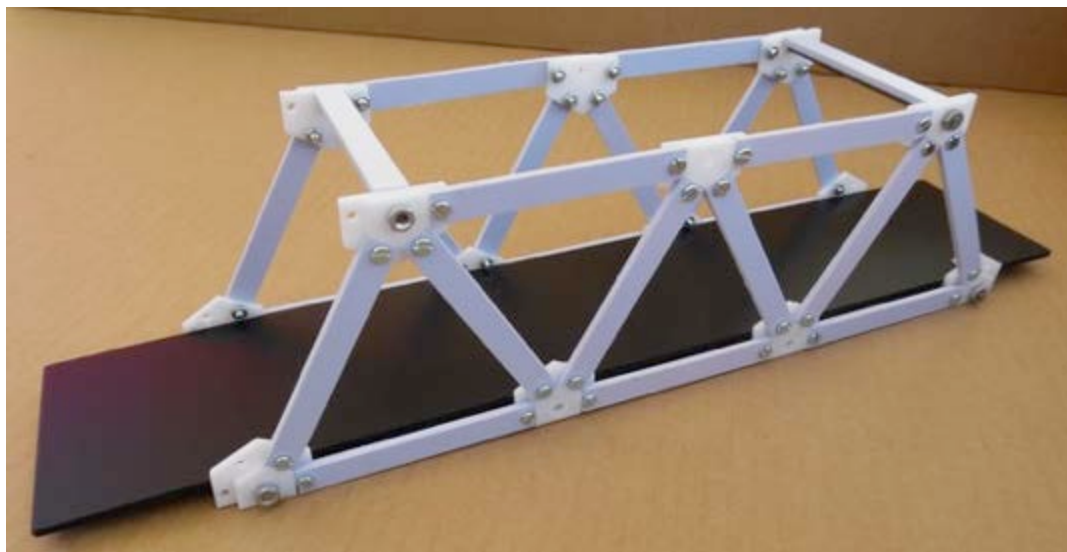
- **Le concours de construction de ponts est réservé à des élèves de 4^e.**

Chaque équipe va concevoir un pont qui utilisera des barres en aluminium de diamètre 4 mm qu'elles devront débiter aux longueurs désirées. Les barres seront assemblées par emboîtement sur des « nœuds ». Le tablier sera une plaque de PVC de largeur 95 mm et d'épaisseur 3 mm. La portée sera de 400 mm. Il est interdit de placer des éléments de quelque nature que ce soit sous l'ouvrage dans le but de supporter le tablier, de plus les câbles sont également interdits.

Un nombre de points sera attribué en fonction du nombre de nœuds, 1 nœud = x points ; le poids de l'ensemble sera également compté dans le total des points (en grammes). Attention les points cités juste avant seront décomptés en négatif ! Le design et la qualité de finition feront également l'objet de points (design sur y points et qualité sur z points). Enfin un dernier critère sera pris en compte, la résistance à une charge placée sous le tablier au centre. La mesure de la flèche du tablier sous chaque charge rapportera x points si $0 \text{ mm} < \text{flèche} < 10 \text{ mm}$, y points si $11 \text{ mm} < \text{flèche} < 20 \text{ mm}$, z points si $21 \text{ mm} < \text{flèche} < 30 \text{ mm}$, ... Le nombre de nœuds est limité à c, la longueur totale des barres mises bout à bout est limitée à d mm. Le pont qui aura cumulé le plus grand nombre de points sera déclaré vainqueur du concours.



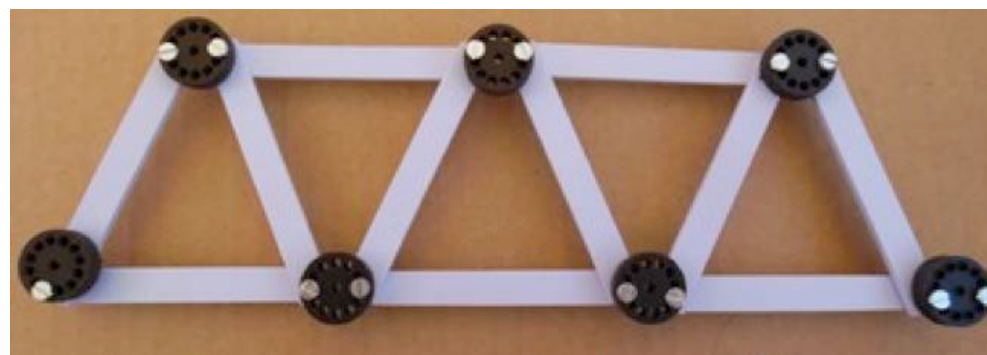
Annexe 2 : Exemples de réalisations



Réalisation d'une structure à l'aide de nœuds réalisés en impression 3D et de barre de PVC expansé



Identique au précédent avec des nœuds identiques mais fabriqués en commande numérique (Fraiseuse à CN)



Identique au précédent avec des nœuds différents fabriqués en commande numérique (Fraiseuse à CN)

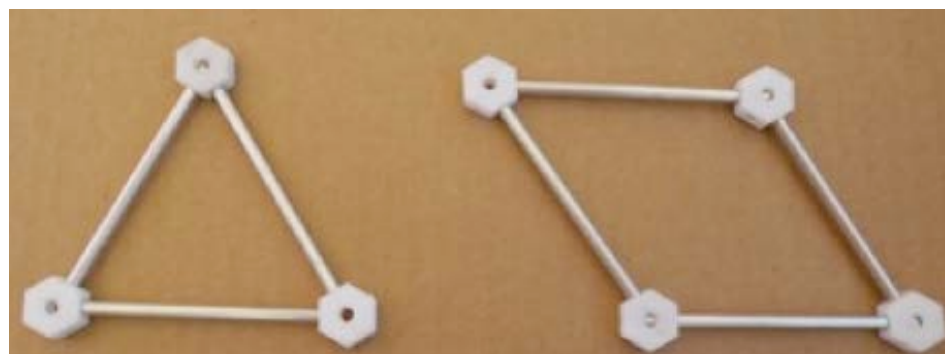
Annexe 2 : Exemples de réalisations



Réalisation en commande numérique (fraiseuse CN)



Réalisation en impression 3D



Réalisation à l'aide de nœuds imprimés en 3D et de barres en aluminium de diamètre 4mm.



Réalisation avec une fraiseuse à commande numérique



Réalisation en impression 3D

Annexe 3 : Masque de fichier type pour la réalisation du compte rendu



Équipe

DATE

TITRE

Problème du jour :

Résolution du problème :

Expérimentation, photos, croquis, ...