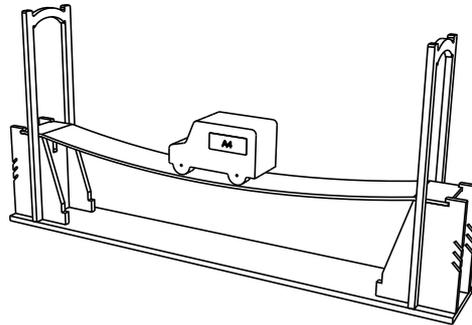
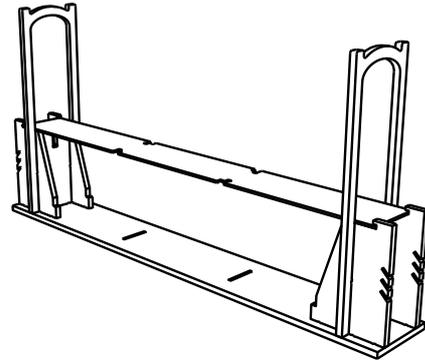
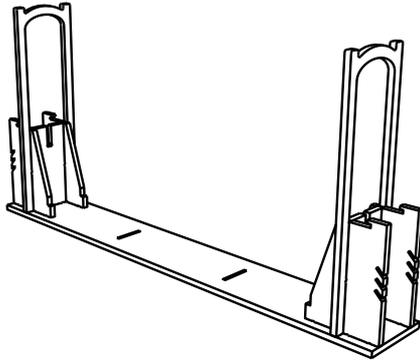


Banc d'essai Typologie des ponts

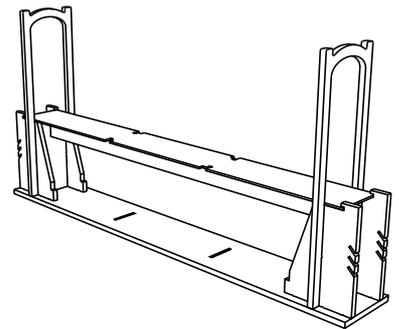
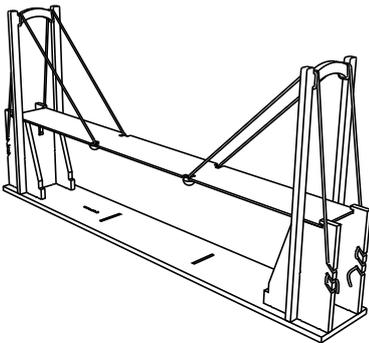
Maquette d'étude de différents types de ponts



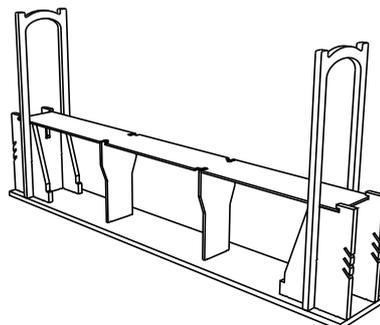
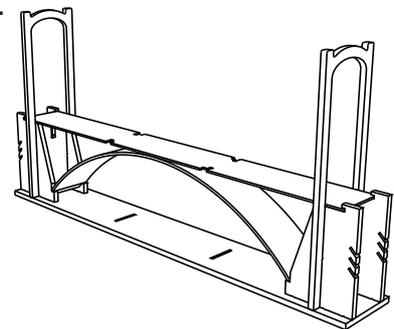
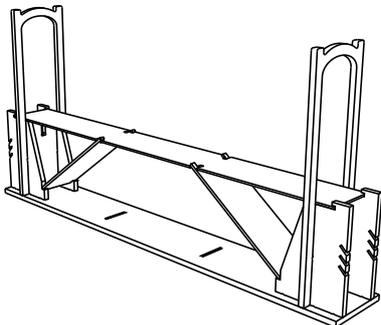
Le banc d'essai "typologie des ponts" permet de réaliser différents types de ponts.



Le tablier est trop souple pour supporter une faible charge.



Les différents éléments contenus dans la boîte du banc d'essai permettent de réaliser plusieurs types de maintien du tablier. Exemple avec le pont à poutre.





Edité par la Sté A4

8 rue du Fromenteau
Z.A. Les Hauts des Vignes - 91940 Gometz le Châtel
Tél. : 01 64 86 41 00 - Fax. : 01 64 46 31 19
www.a4.fr

SOMMAIRE

Préparation du banc d'essai livré en kit	02 et 03
Présentation	04
Exploitation pédagogique - Généralités	05
Activité 1 : comment soutenir le tablier d'un pont ?	06 à 08
Présentation de l'activité pour l'enseignant	06 et 07
Fiche élève	08
Activité 2 : classement des ponts par types	09
Activité 3 : où s'exercent les efforts ?	10 à 13
Présentation de l'activité pour l'enseignant	10
Fiche élève	11
Exemple de corrigé	12
exemple de synthèse	13
Activité 4 : l'intégration dans un site	14 à 20
Fiches élève	20 et 21
Exemples de corrigés	16 à 18
Exemple de synthèse	19
Ressource annexe	20

CONTENU DU CDROM

Le CDRom de ce projet est disponible au catalogue de la Sté A4 (réf "CD PONA").

Il contient :

- Le dossier en versions PDF, FreeHand et Illustrator.
- Des photos du produit, des images de synthèse, des perspectives au format DXF.
- **La modélisation 3D complète** du produit dans ses différentes versions avec des **fichiers 3D** aux formats SolidWorks, Parasolid et eDrawings.

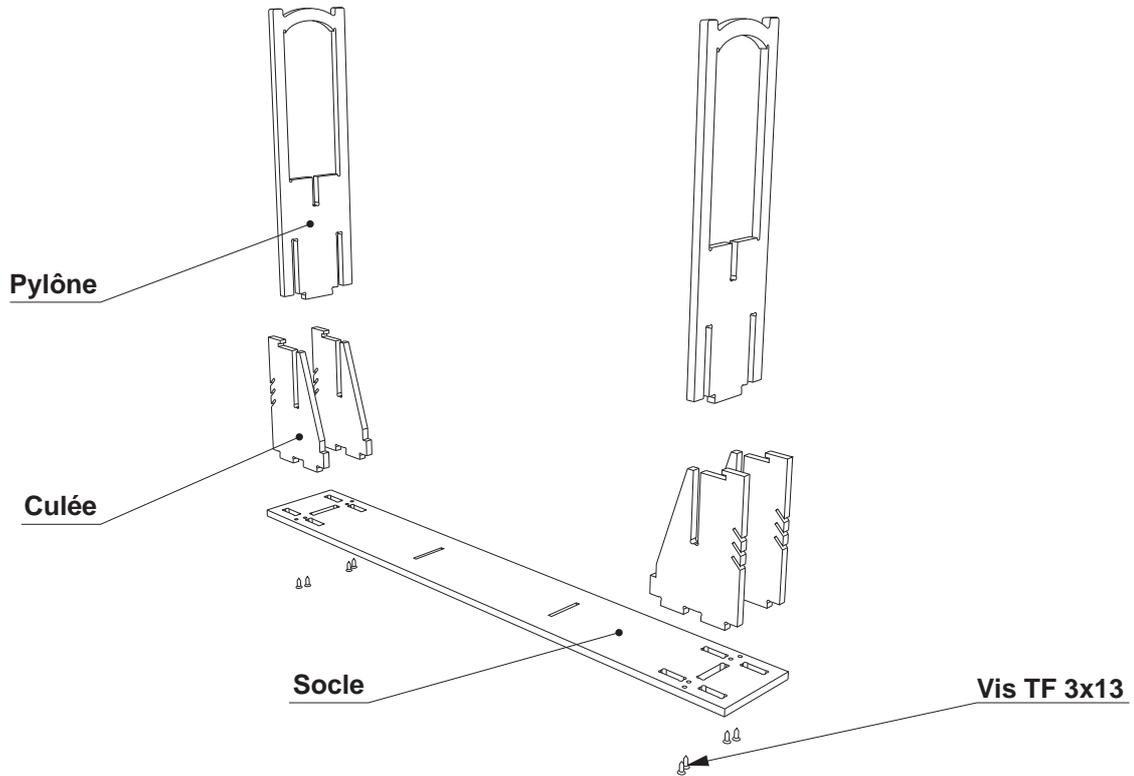
Ce dossier et le CDRom sont duplicables pour les élèves, en usage interne au collège*

*La duplication de ce dossier est autorisée sans limite de quantité au sein des établissements scolaires, à seules fins pédagogiques, à la condition que soit cité le nom de l'éditeur : Sté A4. La copie ou la diffusion par quelque moyen que ce soit à des fins commerciales n'est pas autorisée sans l'accord de la Sté A4.

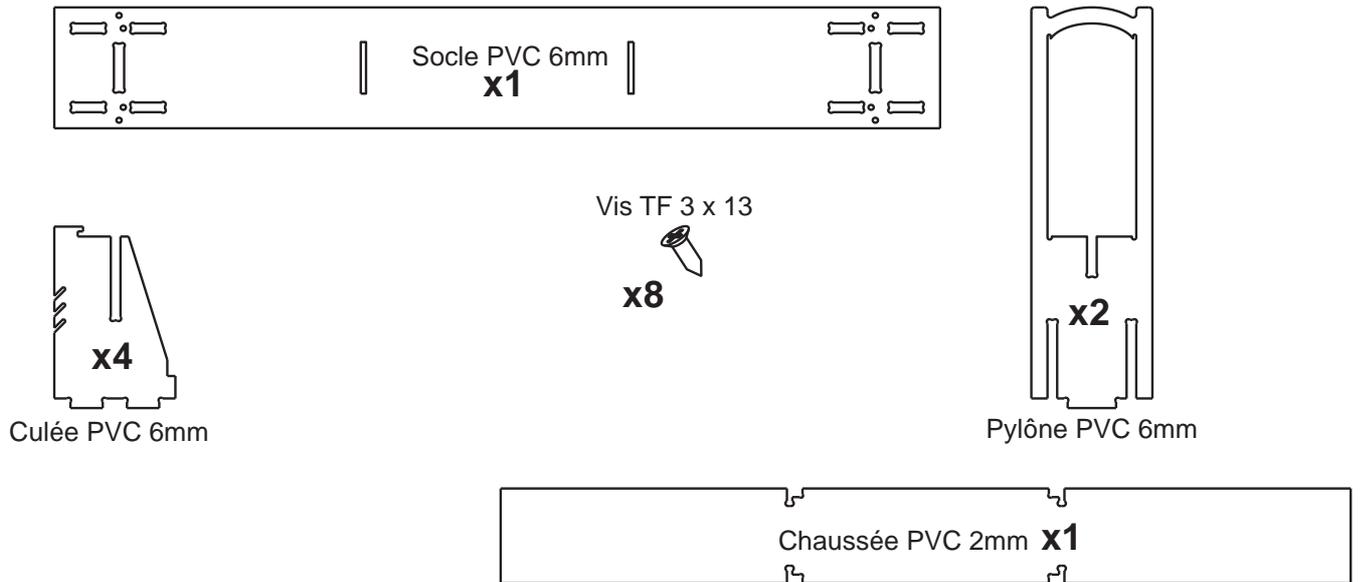
La copie ou la diffusion par quelque moyen que ce soit en dehors d'un usage interne à l'établissement de tout ou partie du dossier ou du CDRom ne sont pas autorisées sans l'accord de la Sté A4 .

Préparation du Banc d'essai livré en kit 1/2

Vue en éclaté du support livré en kit de pièces à assembler



Pièces blanches composant le support et la chaussée du Banc d'essai.



Pièces rouges pour réaliser différents types de ponts



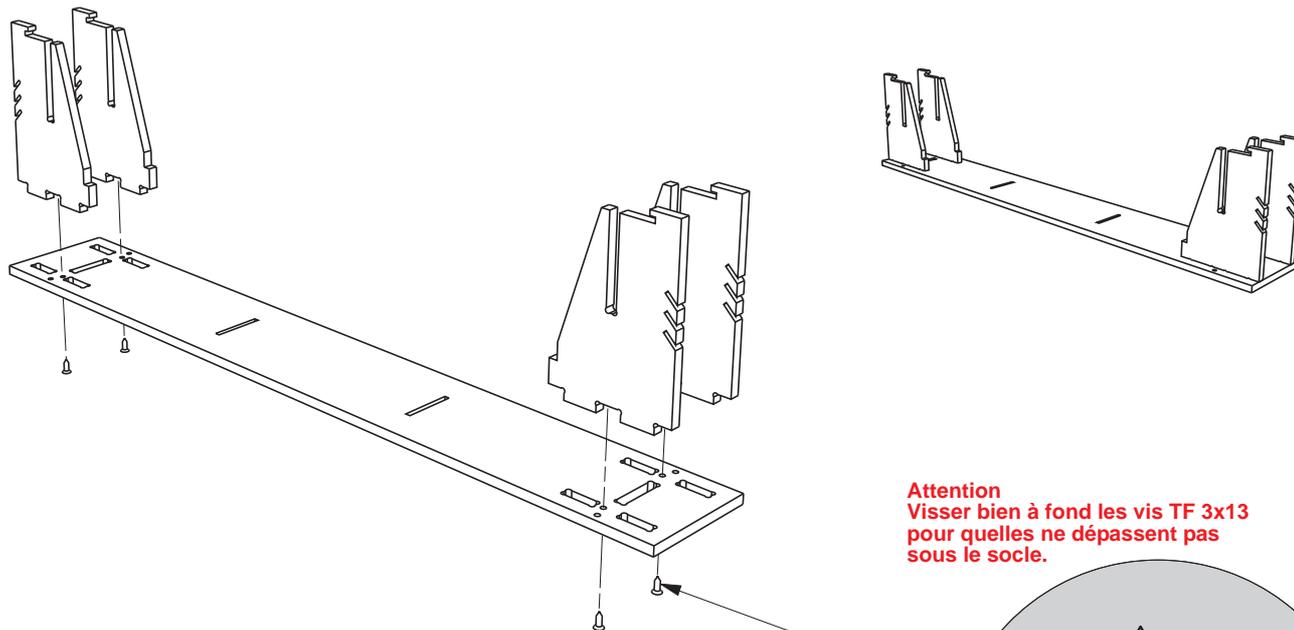
Préparation du Banc d'essai livré en kit 2/2

Assemblage du socle

Réalisé par encastrement des pièces et maintien par vis. Le collage n'est pas nécessaire.

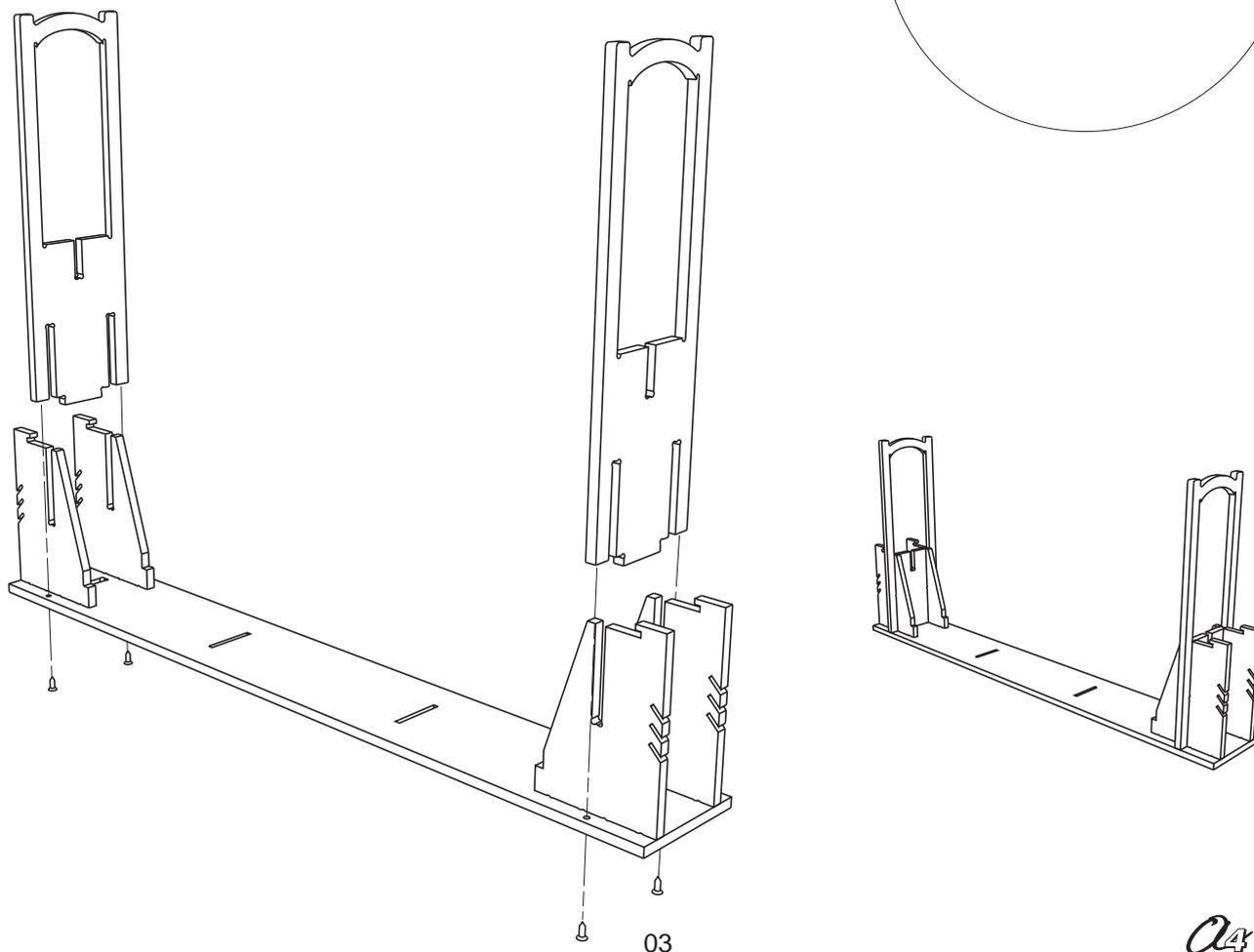
1 - Montage des culées sur le socle

Positionner et fixer les culées à l'aide de 4 vis TF 3x13.



2 - Montage des pylônes sur le socle

Positionner et fixer les pylônes à l'aide de 4 vis TF 3x13.



Présentation

Fonction pédagogique : découvrir les différents types de ponts

La fonction d'un pont est le franchissement d'un obstacle.

Le tablier qui porte la chaussée doit permettre le passage de piétons ou véhicules.

Dans la majorité des cas le tablier n'est pas assez résistant pour supporter les charges sans être lui-même soutenu.

L'objet de ce banc d'essai est de permettre la compréhension de différents types de structures de maintien du tablier. L'élève interviendra sur le banc d'essai pour monter et tester différents moyens de soutien du tablier.

Le classement proposé :

- Le pont à poutre
- Le pont à piliers
- Le pont à béquilles
- Le pont à voute
- Le pont à haubans ou suspendu

Nota :

- Cette liste n'a pas la prétention d'être exhaustive mais de regrouper les types les plus fréquents.
- On le verra dans la suite du dossier, les élèves sont amenés à découvrir que le plus souvent les ponts sont hybrides (exemple : tablier renforcé d'une poutre, elle-même soutenue par des piliers qui prennent appui sur une voute).
- Le pont suspendu est classé dans la même famille que le pont à haubans. Le banc d'essai proposé permettrait le montage d'un pont suspendu mais cela serait délicat avec beaucoup de petites ficelles à ajuster.

Le banc d'essai

Il se compose de :

- un socle sur lequel sont fixées les deux culées du pont,
- un tablier/chaussée en matériau très peu rigide (PVC expansé 2 mm),
- des éléments interchangeables de maintien du tablier (PVC rouge + cordelettes).

Le banc d'essai (Réf. : BE-PONA)

Il est livré en coffret carton, en kit de pièces à assembler (temps de montage 5').

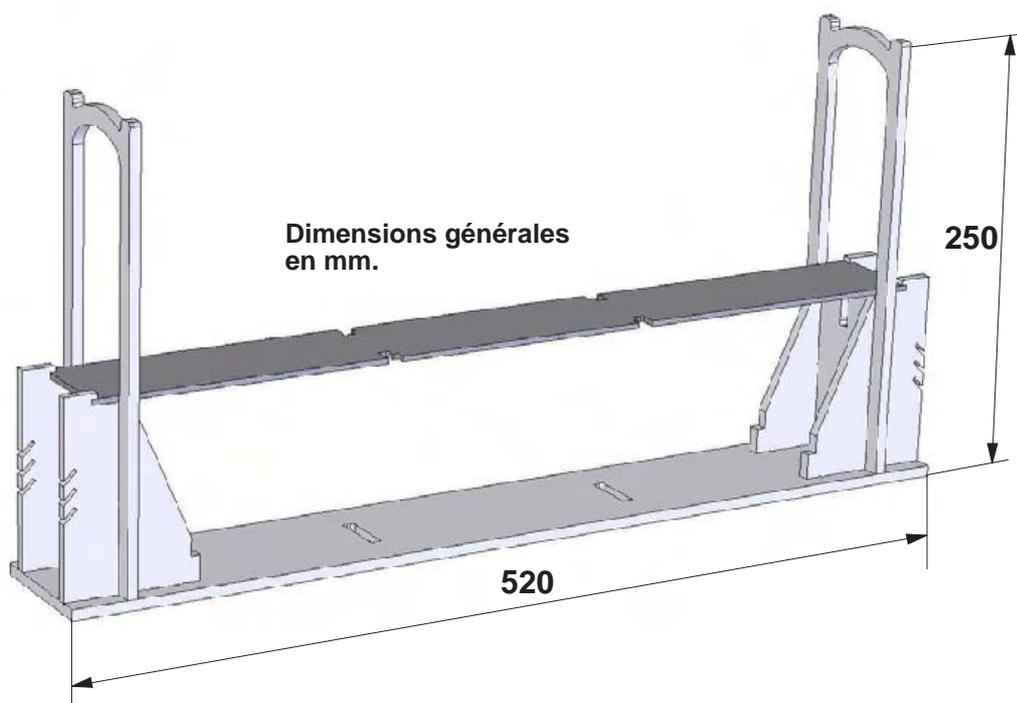
Voir pages 04 et 05.

Réf. : BE-PONA

Poids de 300 g en forme de camion

(Réf. : BE-PONA-CAM)

c'est une option qui n'est pas comprise avec le banc d'essai. (On peut utiliser n'importe quelle charge).



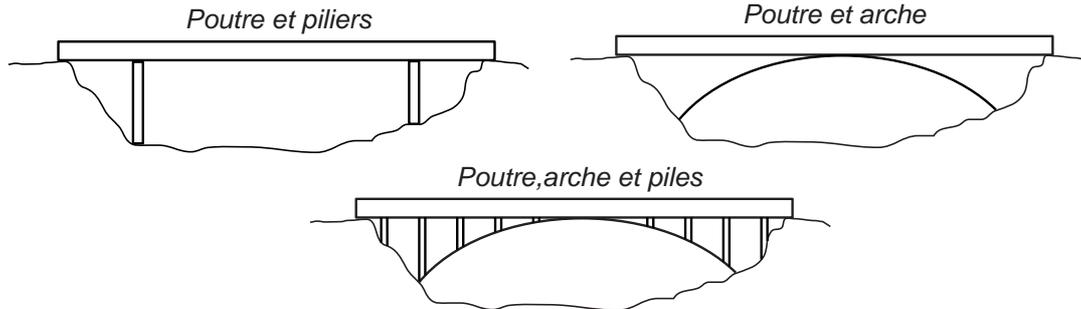
Exploitation pédagogique - Généralité

Intérêts pédagogiques

Le banc d'essai va permettre, à partir d'observations et manipulations simples d'acquérir des connaissances dans les domaines suivants :

- Les différents moyens de soutien des ponts : poutres, piliers, béquilles, arches, câbles.
- Les différents matériaux utilisés dans la construction des ponts.
- Les différentes configurations des ponts en fonction des matériaux utilisés, poutre treillis, poutre caisson, etc..
- On observera que souvent un pont est soutenu par une combinaison de moyen. En effet, sauf dans les ponts en arche de pierre, le tablier est le plus souvent doublé d'une poutre, elle même soutenue par différents moyens.

Exemples :



- Selon l'époque et le besoin, des types de soutien sont plus ou moins fréquents :
 - Antiquité : pour les ouvrages peu coûteux et rapidement édifiés : utilisation de poutre et piliers en bois.
 - Antiquité : ouvrages faits pour durer : utilisation de la pierre pour les piles + poutre en bois ou arche en pierre.
 - Moyen âge : ponts en bois ou en pierre.
 - Renaissance : les ponts sont le plus souvent bâtis avec arche en pierre.
 - Révolution industrielle : apparition des structures treillis en fer.
 - Monde contemporain : essort du matériau béton ; poutre caisson ; ponts suspendus, ponts mixtes béton et acier.
- Lecture et analyse de dessins. Production de croquis et dessins.
- Les solutions techniques : recherches et investigations autour des solutions qui permettent de franchir un obstacle.
- Le transfert des efforts à travers une structure : les élèves vont chercher sur les différents types de ponts où sont les efforts et où le pont appuie sur le sol.
- L'intégration dans le paysage : comparer différents types de ponts et commenter leurs emprises sur le paysage.

Les activités et questionnements proposés

1) Quels sont les moyens de soutien d'un pont ?

Le banc d'essai (ref. BE-PONA) permet à l'élève d'assembler cinq types de pont : pont à poutre, pont à piles, pont à béquilles, pont en arche, pont à haubans.

Il est proposé à l'élève de réaliser, tester et commenter différents moyens de maintien du tablier.

A - Tester différentes façons de soutenir le tablier du banc d'essai en utilisant les éléments fournis.

On commence par tester le pont avec une charge sans avoir mis en place de système de maintien du tablier.

On constate la nécessité que le tablier soit soutenu et on test les différentes possibilités qu'offre le banc d'essai.

B - Schématiser et commenter les différents modes de maintien

2) Peut-on opérer un classement par types de ponts ?

Rapprocher les types de maintien testés (et schématisés) de photos de ponts réels collectées ici et là (livres, internet, photos personnelles, ...).

Opérer un classement dans un tableau avec des images de différents ponts.

Voici un lien très utile vers le site structurae : <http://fr.structurae.de/structures/stype/index.cfm?ID=1>

3) Où s'exercent les efforts ?

Le PVC du tablier est suffisamment souple pour amplifier les déformations dues au passage d'une charge.

Pour chaque solution de maintien, on demande à l'élève de montrer les points où s'exerce les efforts et comprendre ainsi qu'il y a un transfert de charge dans la structure de l'ouvrage. L'élève manipule le banc d'essai et produit des schémas.

4) Que peut on dire des différents types de ponts en rapport avec leur intégration dans un site ?

L'observation des différents types en place dans un paysage doit amener les élèves à réfléchir et comparer l'intégration des différents types d'ouvrage dans l'environnement géographique :

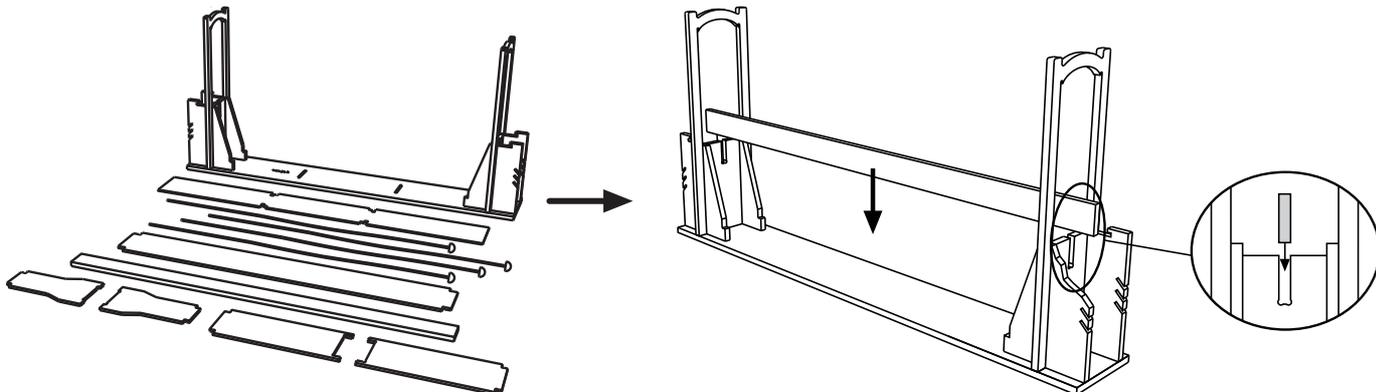
- on aura vu précédemment où s'exercent les efforts ; on se posera la question de la résistance du sol ;
- on observera le passage laissé libre sous le pont, selon son type ;
- on commentera l'emprise dans le paysage sur le plan du regard.

Activité 1 - Comment soutenir le tablier d'un pont ? Doc prof 1/2

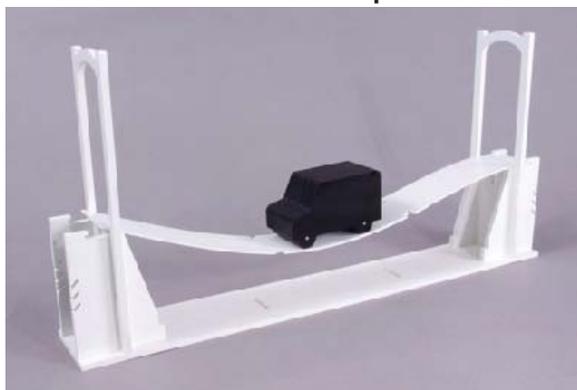
A - Tester différentes façons de soutenir le tablier du banc d'essai en utilisant les éléments fournis.

Le banc d'essai (ref. BE-PONA) permet à l'élève d'assembler cinq types de pont : pont à poutre, pont à piles, pont à béquilles, pont en arche, pont à haubans.

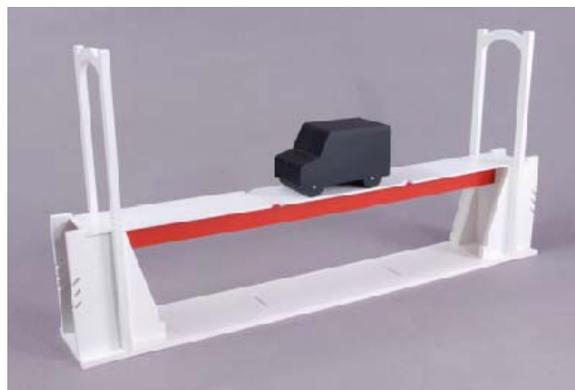
L'élève va "lire" les différentes pièces et leurs formes pour créer des assemblages.



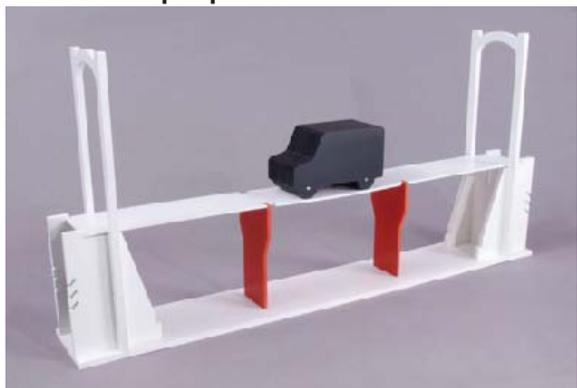
1 - Test avec une charge, sans maintien du tablier.
On constate la nécessité que le tablier soit soutenu.



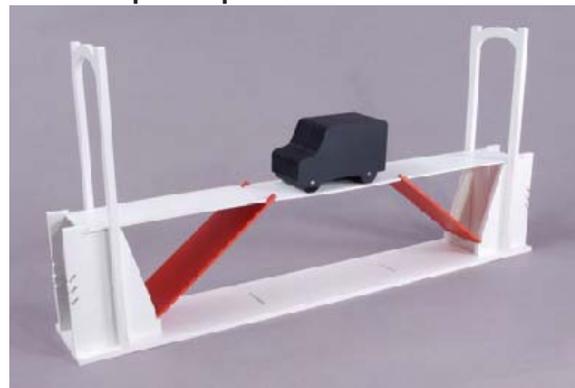
2 - Maintien par une poutre - (Les poutres peuvent être de type treillis, caisson, profilées, ... Elles peuvent être en métal, en béton, en bois, ...)



3 - Maintien par piliers

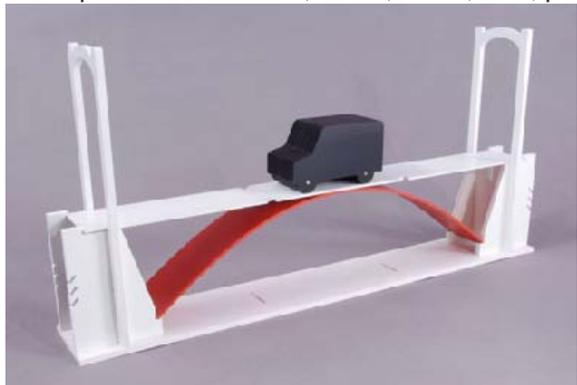


4 - Maintien par béquilles

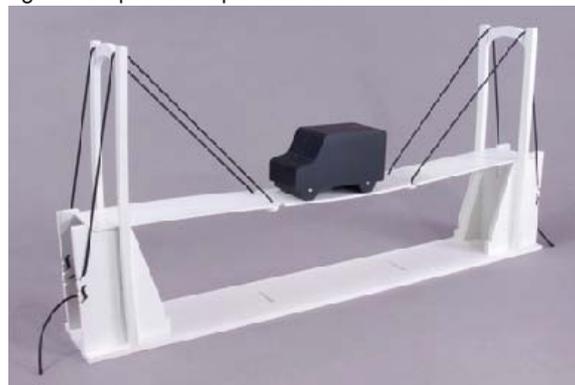


5 - Maintien par une voûte

Quel que soit le matériau, béton, métal, bois, pierre, ...



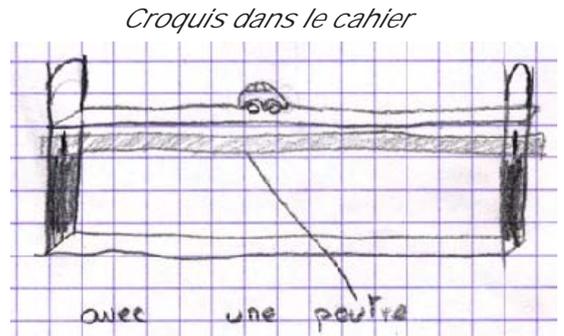
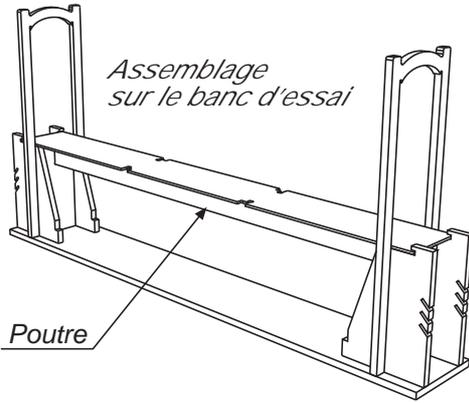
6 - Maintien par câbles On peut classer dans la même catégorie les ponts suspendus et à haubans



Activité 1 - Comment soutenir le tablier d'un pont ? Doc prof 2/2

B - Schématiser et nommer les différents mode de maintien

L'élève réalise des schémas ou croquis pour expliquer les différentes solutions découvertes pendant l'activité.



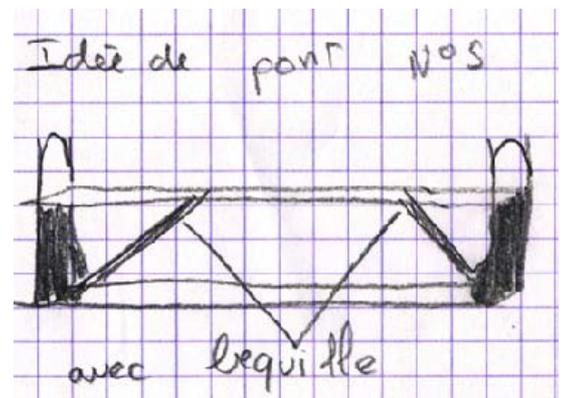
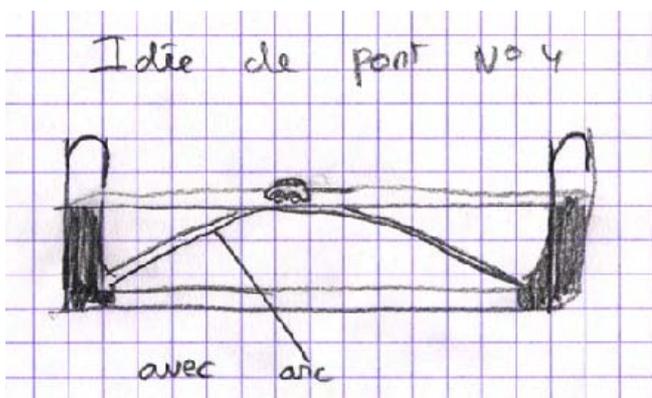
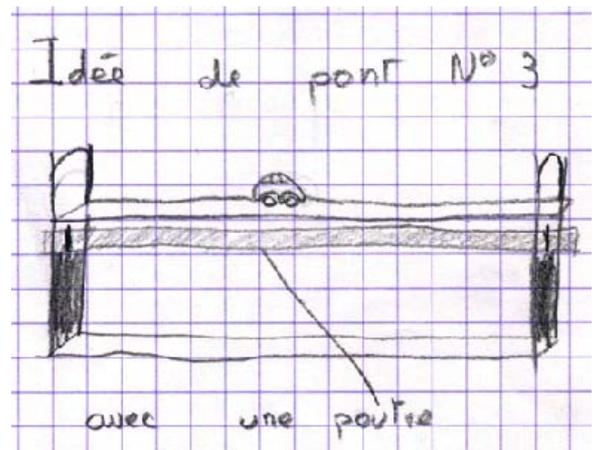
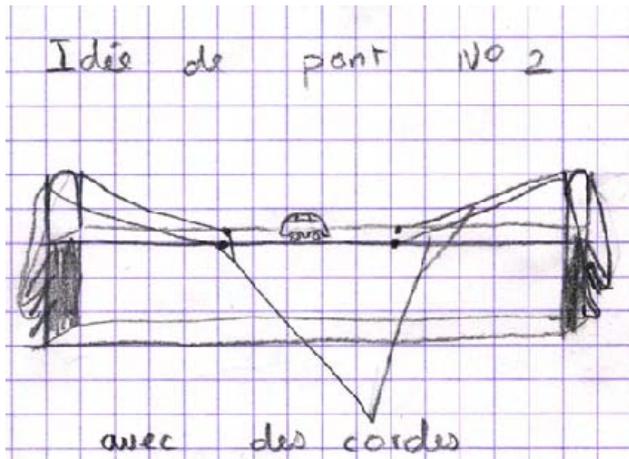
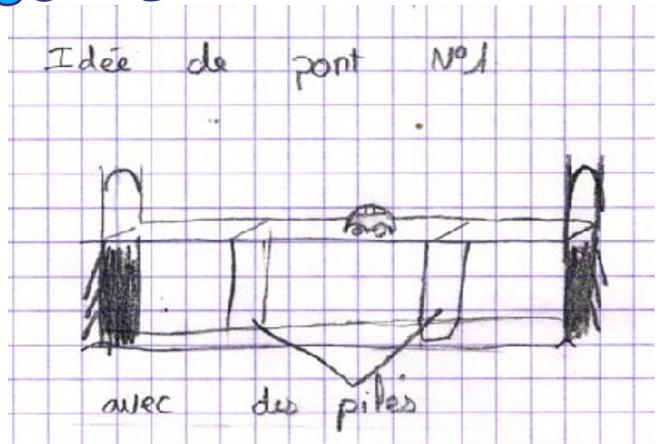
Exemple de corrigé

Exemples de croquis d'élèves

Par la suite, lorsque l'on va demander un classement de ponts réels (classer des photos), les élèves vont être amenés à découvrir que le plus souvent les ponts sont hybrides (exemple : tablier renforcé d'une poutre, elle même soutenue par des piliers qui prennent appui sur une voute).



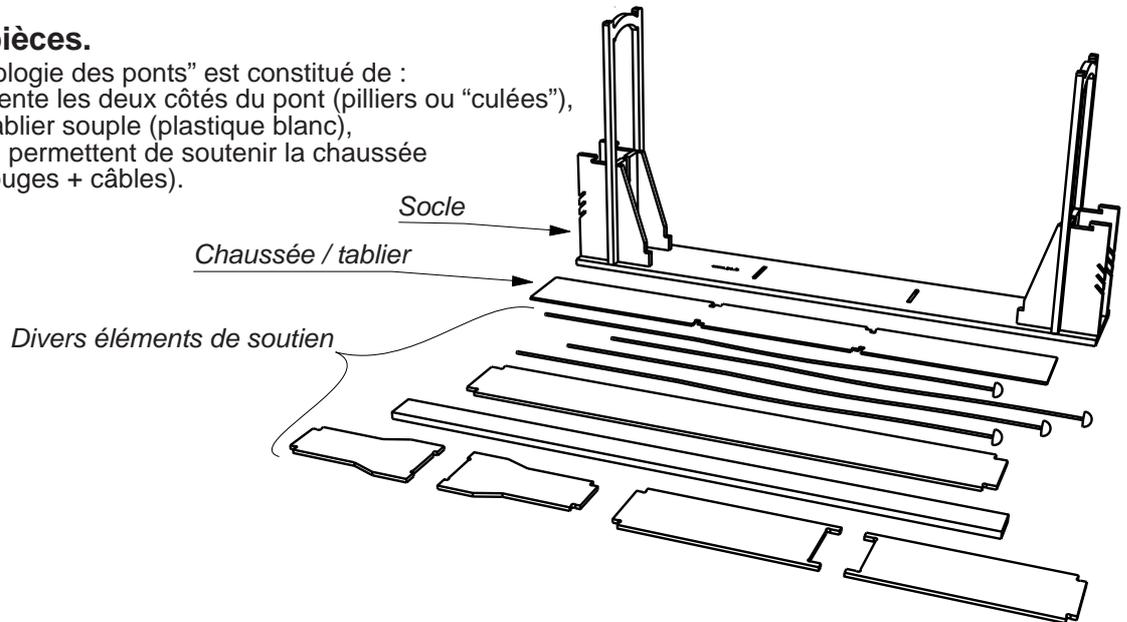
On verra aussi par la suite que le type de maintien n'est pas associé à un matériau donné. Exemple des poutres qui peuvent être en métal, en bois ou en béton ; pleines ou treillis.



Activité 1 - Comment soutenir le tablier d'un pont ? Fiche élève

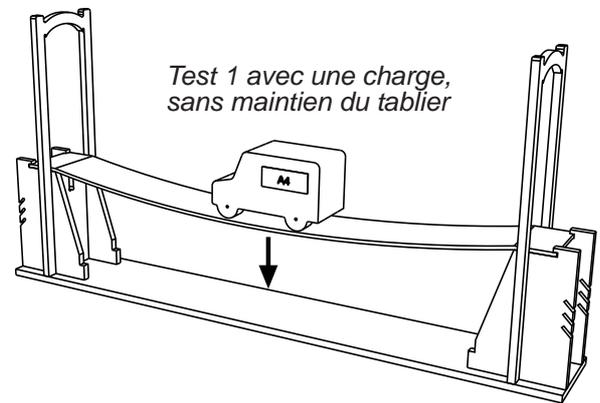
Découvertes des pièces.

- Le banc d'essai "typologie des ponts" est constitué de :
- un socle qui représente les deux côtés du pont (piliers ou "culées"),
 - une chaussée ou tablier souple (plastique blanc),
 - divers éléments qui permettent de soutenir la chaussée (pièces plastique rouges + câbles).

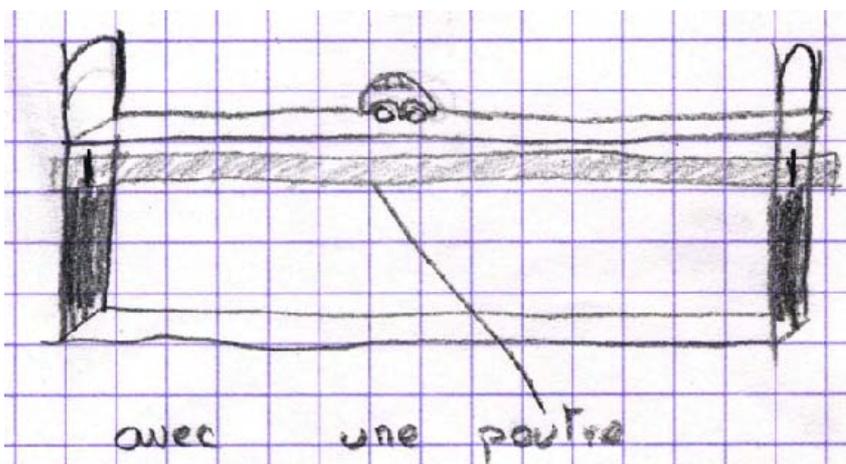


Problème posé : Quelles sont les solutions possibles pour soutenir le tablier ?

- Commencer par monter le tablier et poser une charge dessus. Que constatons-nous ?
- A l'aide du banc d'essai, trouver et tester différents moyens de soutenir le tablier.
- Représenter sous forme de schémas chacune des solutions trouvées pour le maintien du tablier. Nommer chaque principe de maintien et ajouter éventuellement vos commentaires.



Exemple :



Activité 2 - Classement des ponts par types

Différents classements possibles

On pourrait opérer différents classements selon différents critères :

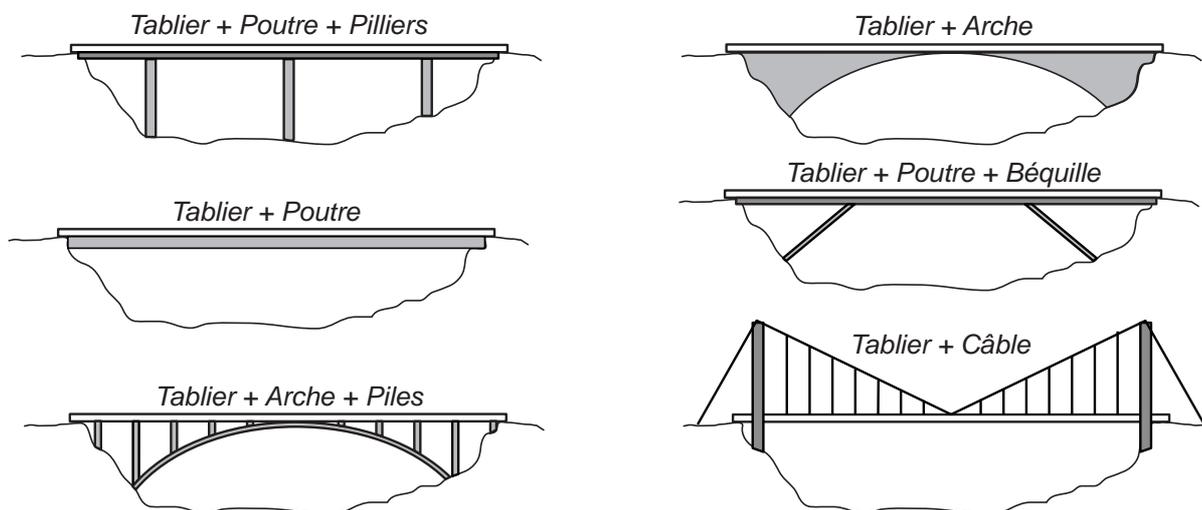
- l'époque d'édification,
- les matériaux,
- la portée,
- la fonction (aqueduc, viaduc, ...),
- ...

Le critère de classement qui va être retenu ici est le type de maintien :

- par poutre(s),
- par pillier(s),
- par béquilles,
- par arche(s),
- par câbles,
- par systèmes mixtes.*

* En effet l'élève va rapidement découvrir que le plus souvent un pont est soutenu par une combinaison de moyen. Sauf dans les ponts en arche de pierre, le tablier est le plus souvent doublé d'une poutre, elle même soutenue par différents moyens.

Exemples :



Travail demandé

Opérer un classement des ponts par type de maintien du tablier.

Pour cela, s'appuyer sur :

- l'activité réalisée au préalable sur le banc d'essai "typologie des ponts",
- une recherche de documents, dessins, schémas ou photos.

Les élèves pourront observer et photographier des ponts réels, ouvrir des encyclopédies, entreprendre des recherches sur internet, ...

Voici un lien très utile vers le site structurae : <http://fr.structurae.de/structures/stype/index.cfm?ID=1>

On peut demander un tableau avec schémas (ou photos collées) et commentaires.

Comme la plupart des ponts sont "mixtes", il faudra choisir pour chaque pont s'il est plutôt de type "poutre" ou de type "arche" ou autre. On pourra par exemple dire que le pont sera classé dans le type qui correspond au moyen principal de son maintien. Par exemple un pont en arche avec des petites piles sera classé dans la catégorie "arche".

Peu importe le choix qui sera fait dans les cas "litigieux", ce qui importe est l'argumentation développée par l'élève.

Le but est d'amener les élèves à observer et commenter des objets techniques (différents moyens de soutien d'édifices) et de développer un esprit de synthèse.

On verra aussi que deux ponts se ressemblent rarement et que l'on pourrait les classer selon différents critères.



Travail attendu - Cahier de l'élève

On ne donnera pas ici de "corrigé" ou "d'exemple du cahier élève" pour cette suggestion d'une activité qui n'est pas directement liée à l'utilisation du banc d'essai et qui dépend largement des ressources documentaires dont chacun peut disposer.

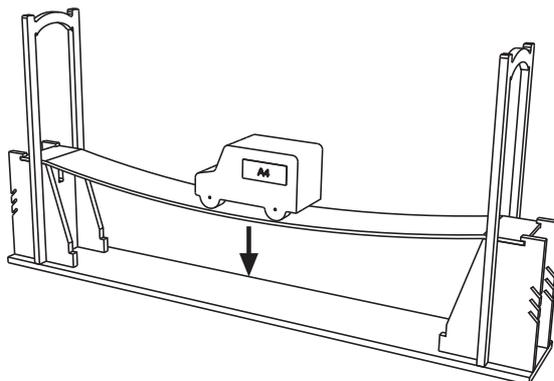
L'objet principal de ce dossier est l'utilisation du banc d'essai "typologie des ponts" (réf BE-PONA).

Activité 3 - Où s'exercent les efforts ? - Doc prof

On peut amener les élèves à réfléchir sur les forces qui s'exercent dans une structure.

Le banc d'essai "typologie des pont" permet des manipulations qui peuvent permettre de répondre à des questions simples comme :

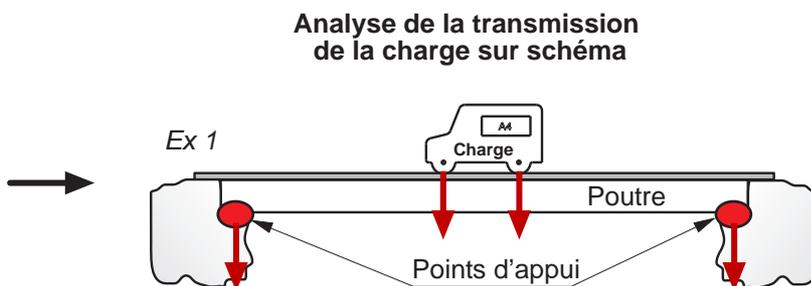
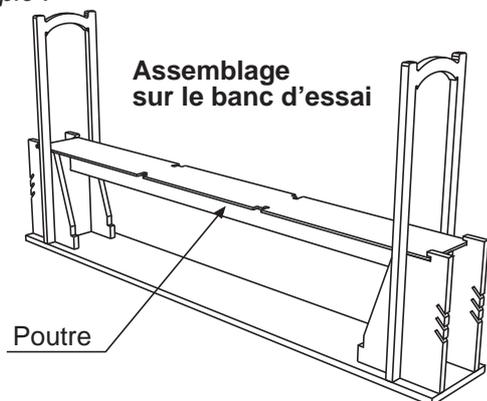
- quels efforts un pont donné doit-il supporter,
- où (sur quelle partie du pont ou du terrain) s'exercent les efforts,
- dans quelle(s) direction(s) les efforts s'exercent-ils ?



L'enseignant peut demander aux élèves de refaire chaque configuration sur le banc d'essai et d'appuyer (ou de déplacer la charge) en différents points du tablier pour repérer où le pont prend appui.

On pourra reprendre les schémas qui représentent chaque "grand type" de pont et les compléter ou utiliser la fiche élève ci-après (page 11).

Exemple :

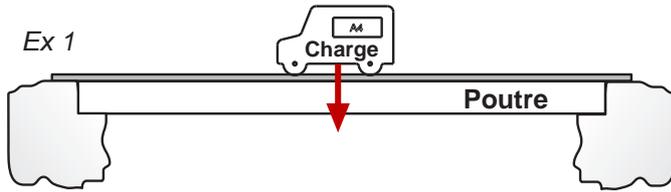


NOTA
Le banc d'essai "typologie des ponts" n'a pas pour objet des tests de résistance des matériaux. Il ne sert pas à quantifier des forces ni à comparer la résistance d'un pont par rapport à un autre. En effet comment comparer par exemple la poutre et l'arche de ce banc d'essai qui ne sont ni de même masse ni du même matériau, ni même d'un matériau utilisé réellement pour la construction de ponts. Ce banc d'essai permet simplement d'observer les déformations induites par une charge, voir où le pont s'appuie et dans quels sens sont orientés les efforts.

Pour des investigations et tests autour de la résistance comparée de différents matériaux ou structures, voir les bancs d'essai spécialisés que nous proposons.

Activité 3 - Où s'exercent les efforts ? - Fiche élève

- Réaliser et tester les solutions techniques schématisées ci-dessous à l'aide du banc d'essai.
 - Pour chacune d'elle, montrer par des points sur les schémas (●) les endroits où le pont exerce des efforts sur le terrain et par des flèches (→), la direction des forces.



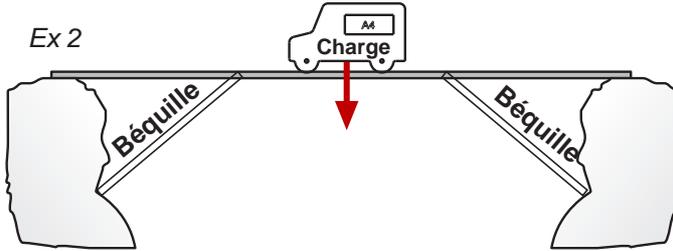
Commentaire

.....

.....

.....

.....



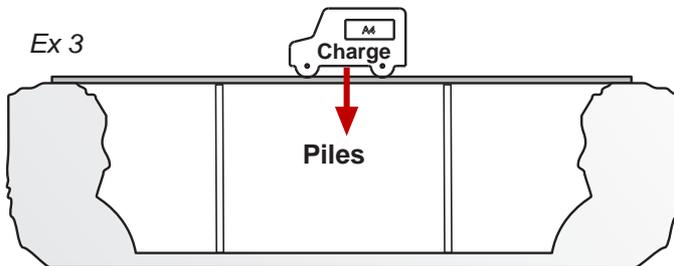
Commentaire

.....

.....

.....

.....



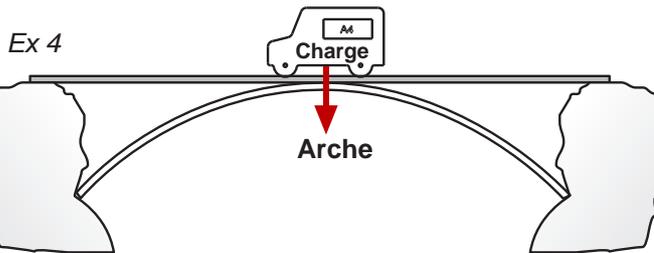
Commentaire

.....

.....

.....

.....



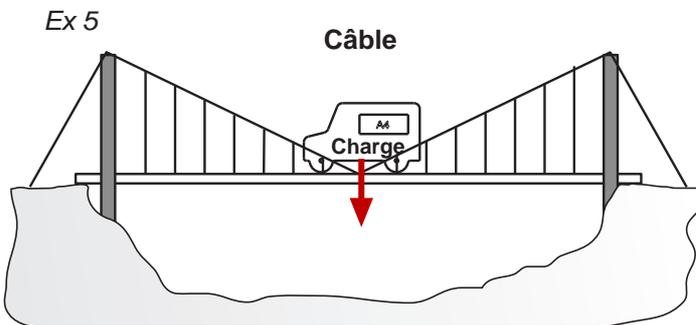
Commentaire

.....

.....

.....

.....



Commentaire

.....

.....

.....

.....

Conclusion.

.....

.....

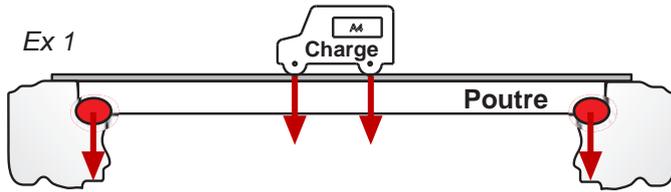
.....

.....

Activité 3 - Où s'exercent les efforts ? - Fiche élève

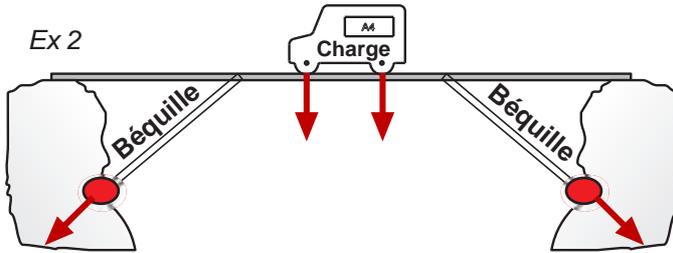
Exemple de corrigé

- Réaliser et tester les solutions techniques schématisées ci-dessous à l'aide du banc d'essai.
- Pour chacune d'elle, montrer par des points sur les schémas (●) les endroits où le pont exerce des efforts sur le terrain et par des flèches (→), la direction des forces.



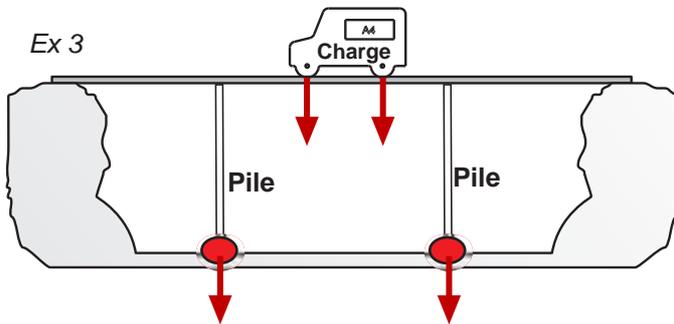
Commentaire

Sur ce schéma, le poids du camion va agir sur la poutre qui est soutenue aux extrémités par la roche ou la culée.



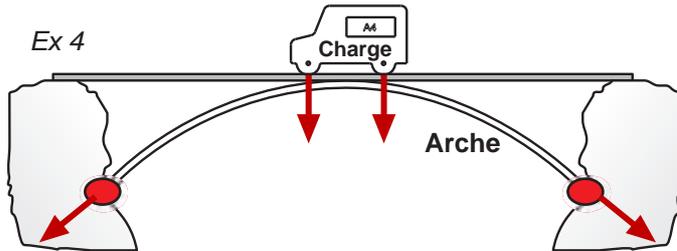
Commentaire

Sur ce schéma, le tablier est retenu par les extrémités des béquilles en appui oblique sur le rocher de chaque côté.



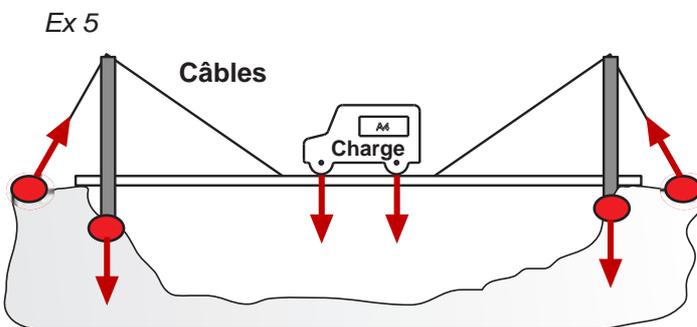
Commentaire

Sur ce schéma, le pont est soutenu par la base des piliers en appui vertical sur le sol.



Commentaire

Ici le pont est soutenu par les extrémités de l'arche en appui de chaque côté sur le rocher.



Commentaire

Le tablier tire sur les câbles qui sont attachés de chaque côté sur les rives. Ces câbles ont tendance à être arrachés du sol ; ils s'appuient sur les piliers.

Conclusion.

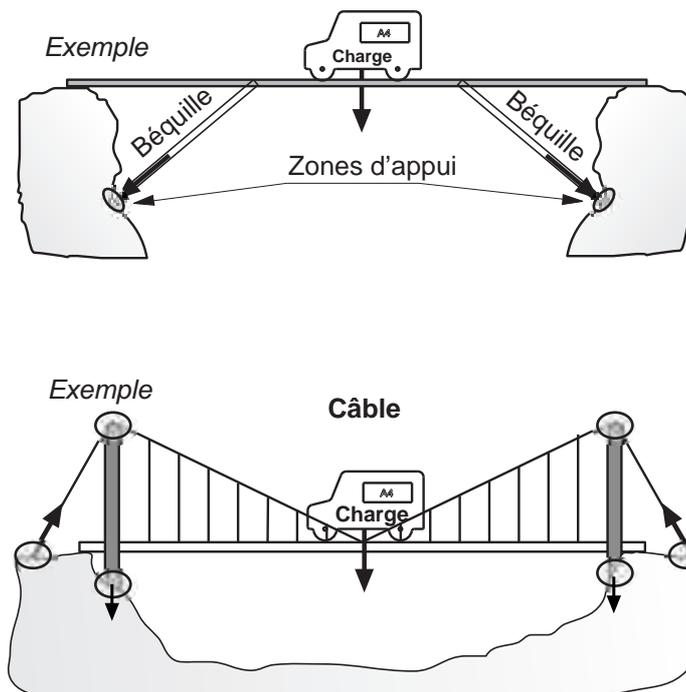
Quand on roule avec une voiture sur un pont, les efforts sont transmis au terrain naturel à travers les éléments du pont.

Selon le type de pont, le sol n'est pas sollicité de la même façon ni au même endroit.

Activité 3 - Où s'exercent les efforts ? - Exemple de synthèse

Influence du passage d'un véhicule sur le tablier d'un pont.

- La masse des véhicules qui circulent sur le tablier d'un pont a tendance à déformer celui-ci. Il doit être conçu pour résister à cette charge. Un test en charge est d'ailleurs prévu à la fin de la réalisation de l'ouvrage pour certifier celui-ci.
- Au moment du passage du véhicule le tablier est maintenu par tous les éléments intervenant dans la réalisation du pont. La charge est transmise et répartie dans toutes les parties du pont, pour finir en contact avec le terrain.
Une analyse du terrain par un géologue avant la réalisation d'un ouvrage est donc très importante pour que l'assise soit stable et que le pont résiste aux différentes charges de passage.



On peut voir sur les deux exemples ci-dessus que certains éléments comme les piles vont être comprimés sous l'effort et doivent résister à un effort de compression alors que d'autres comme les câbles vont être étirés et doivent donc résister à un effort de traction.

En fonction des efforts qui vont agir sur les éléments, des matériaux sont plus ou moins indiqués.

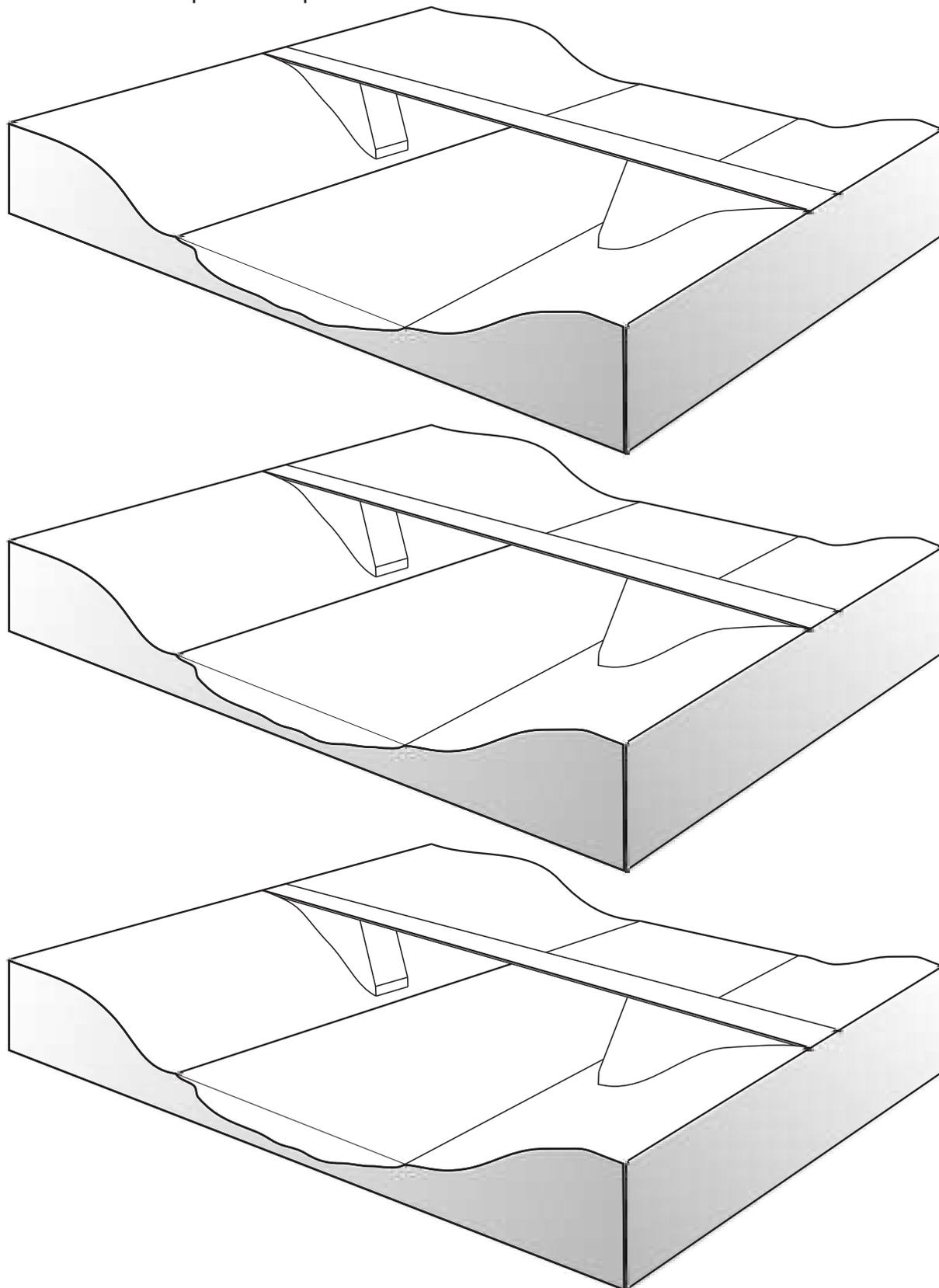
- Le béton résiste très bien aux efforts de compression, il est souvent utilisé pour les piliers.
- L'acier résiste bien aux efforts de traction, on le retrouve dans les câbles mais aussi de plus en plus dans les poutres et les poutres caisson des tabliers.
- Le béton armé de métal va permettre à celui-ci de résister non seulement aux efforts de compression mais aussi aux efforts de traction.
- Les pierres empilées ne résistent qu'aux efforts de compression.
- Le bois résiste bien en compression et moins bien en traction.

Activité 4 - L'intégration dans un site - Document ressource 1/2

Vous avez manipulé la maquette permettant de réaliser différents types de maintien pour le tablier d'un pont. Vous avez effectué des recherches (livres, internet, etc) sur les différents types de ponts.

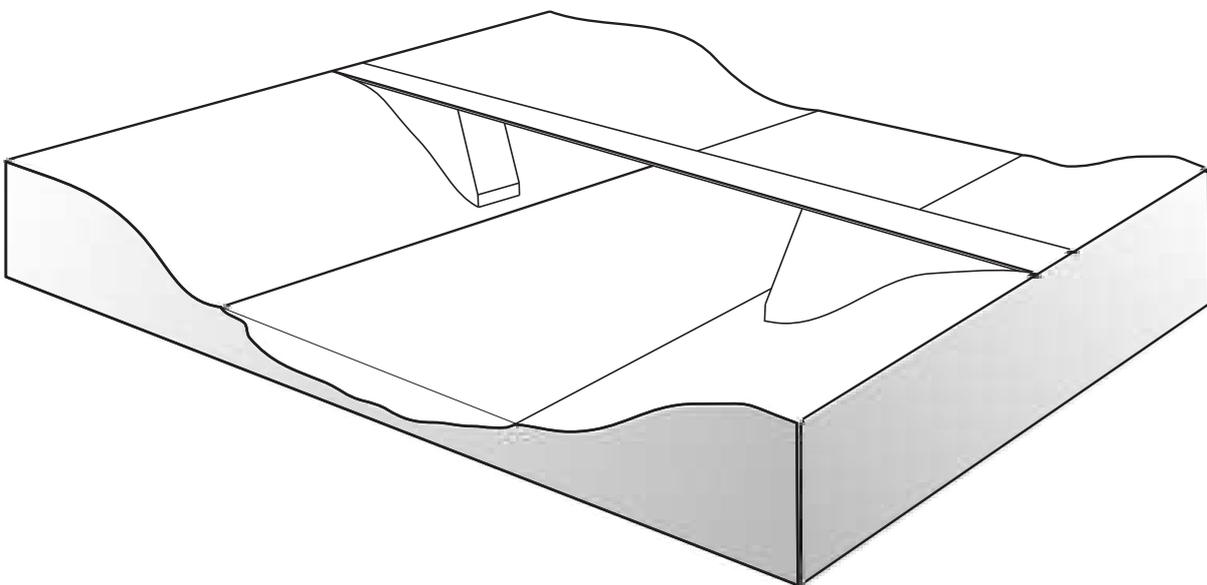
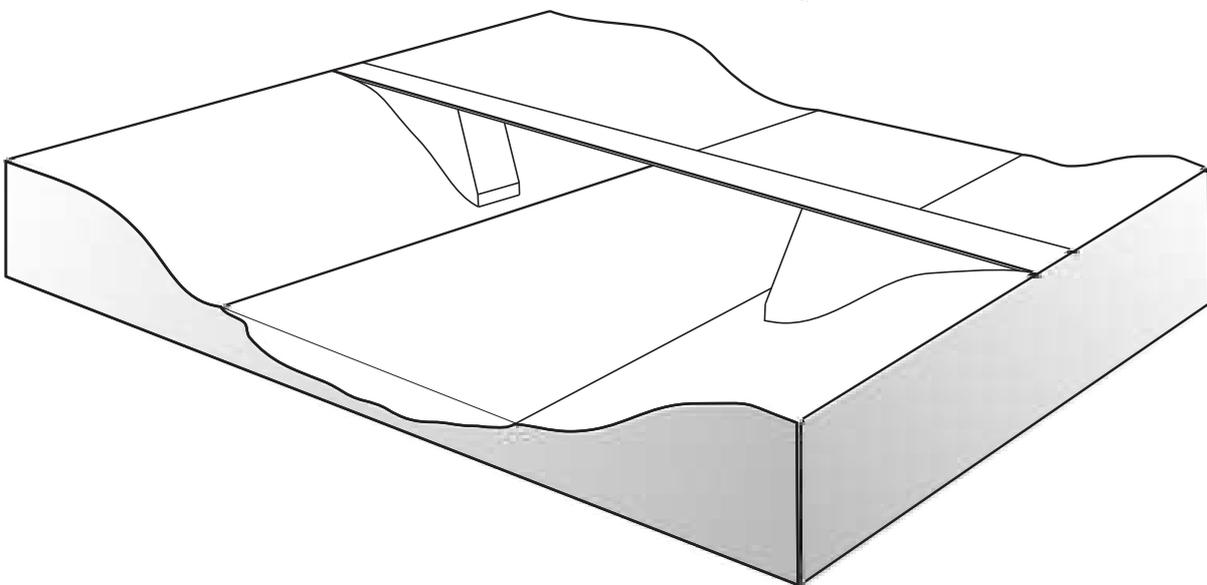
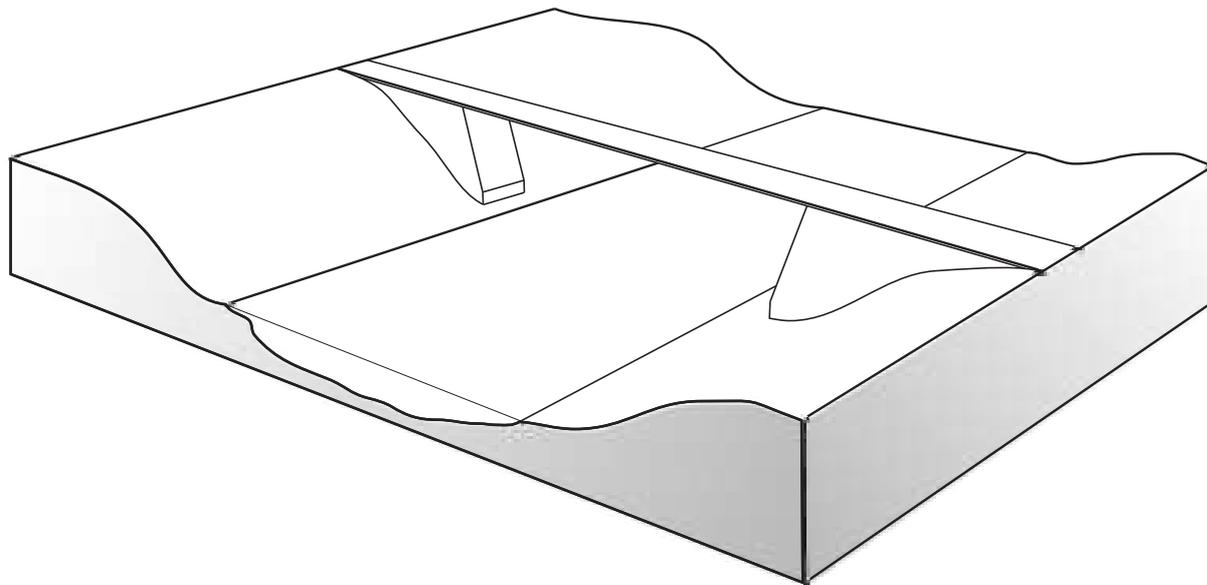
Découper et coller dans le cahier les 6 dessins ci dessous. (2 dessins par page)

- Compléter chaque dessin du pont avec à chaque fois une solution différente pour son maintien.
- Nommer chaque type de pont.
- Montrer avec des flèches où se situent les appuis du pont.
- Donner les avantages ou inconvénients évidents (on ne parle pas ici de résistance).
- Enumérez les matériaux possibles pour sa construction.



Activité 4 - L'intégration dans un site - Document ressource 2/2

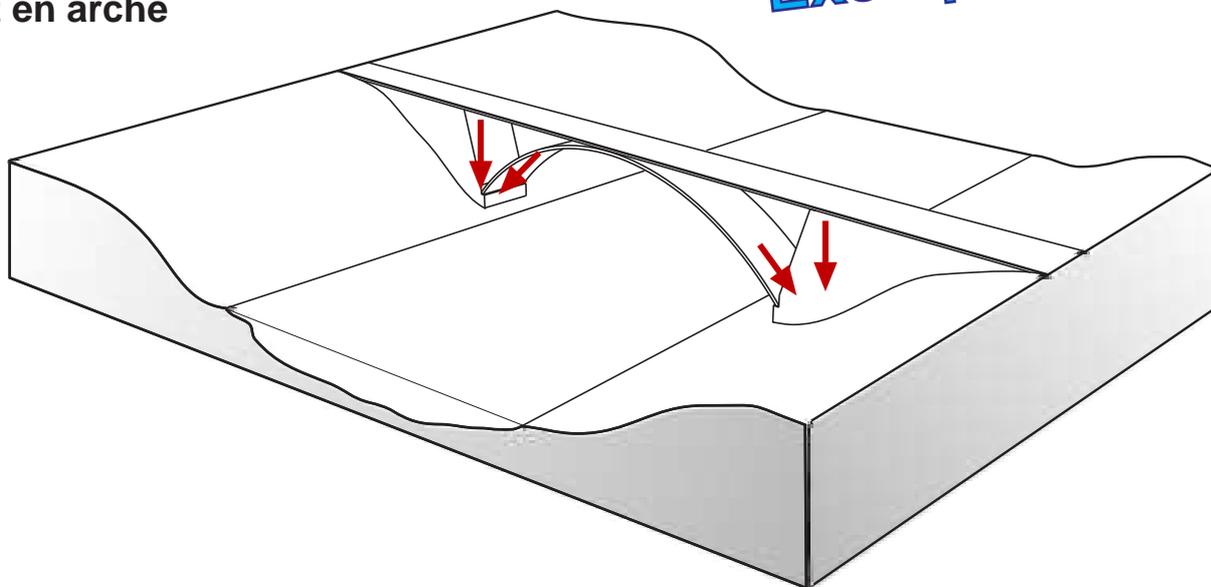
Dessins à découper



Activité 4 - L'intégration dans un site - Corrigé 1/3

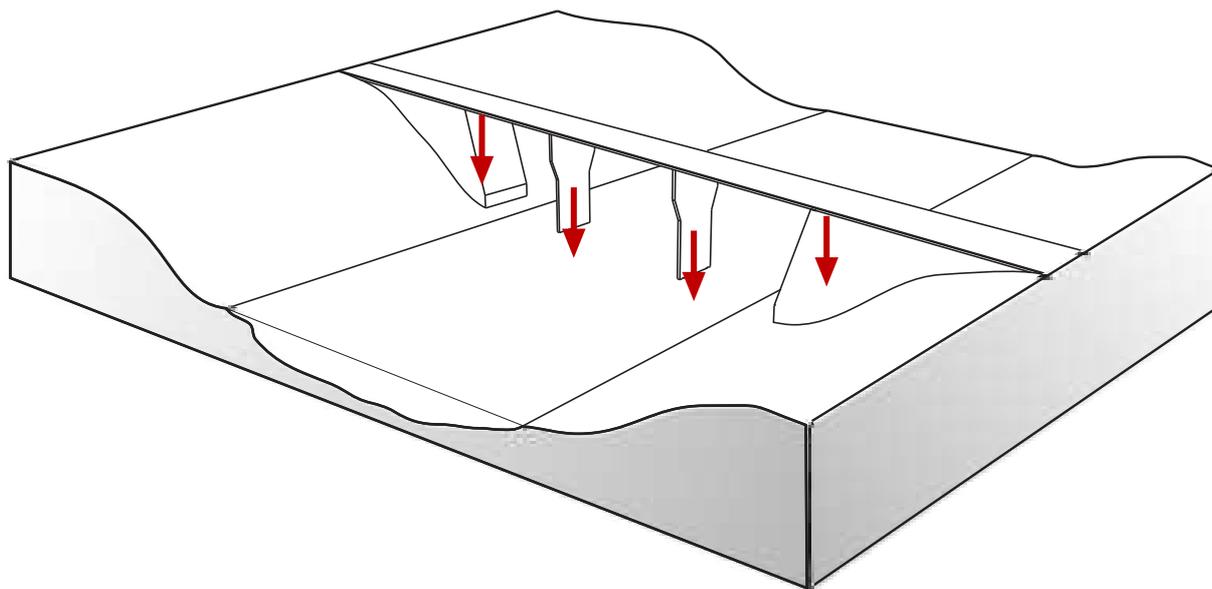
Exemple de corrigé

Pont en arche



Le pont en arche permet un passage plus large sous le pont que si on utilise des piliers. Les efforts sont transmis latéralement sur les culées du pont, ce qui nécessite que ces dernières puissent supporter cet effort latéral. On voit des arches en pierre, en béton, en métal, en treillis métallique, en bois. Les plus grandes arches observées sont en métal ; exemple : viaduc de Garabit.

Pont à piles ou piliers

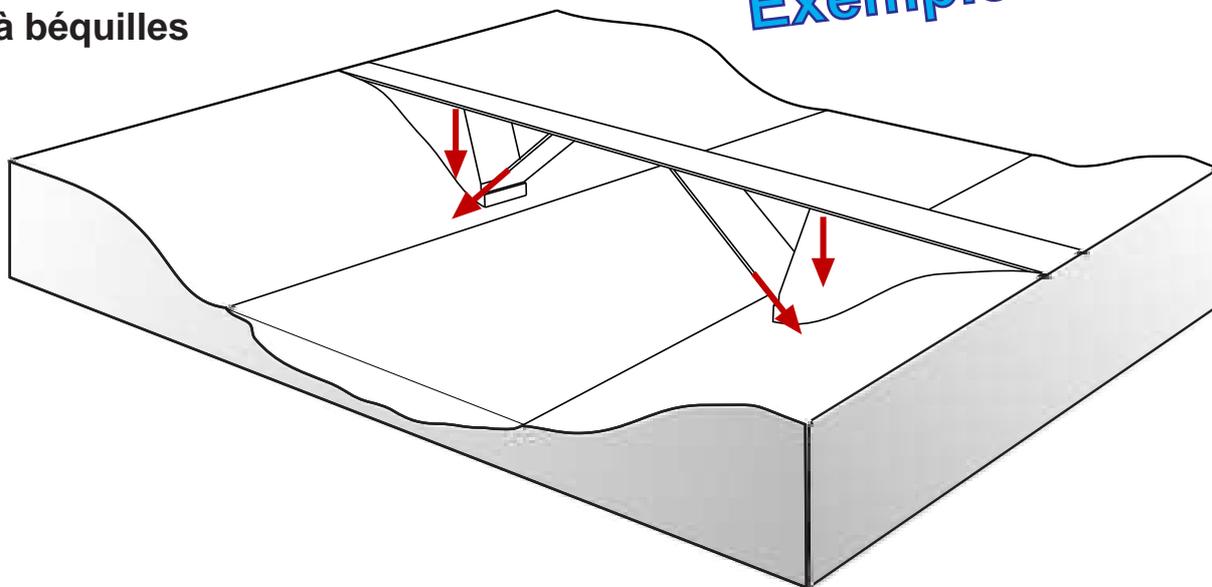


Les piliers limitent la largeur de passage sous le pont. On peut réaliser des ponts à piles très longs en multipliant le nombre de piles. Il faut que le terrain sous le pont soit suffisamment résistant pour supporter la charge. On voit des ponts à piles en pierre, en métal, en béton, en bois.

Activité 4 - L'intégration dans un site - Corrigé 2/3

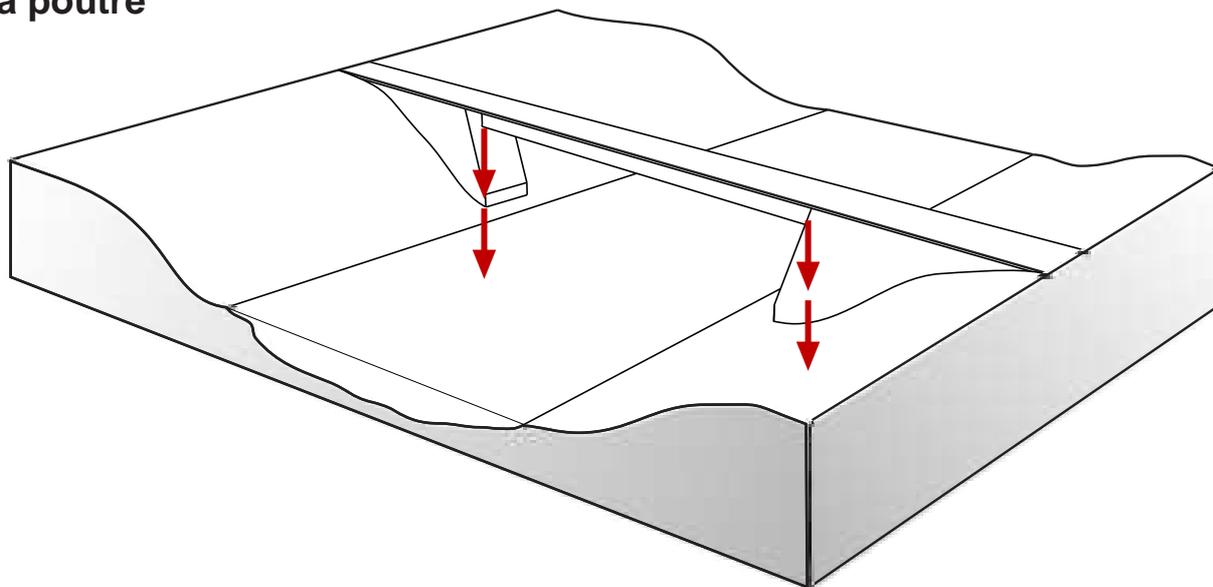
Exemple de corrigé

Pont à béquilles

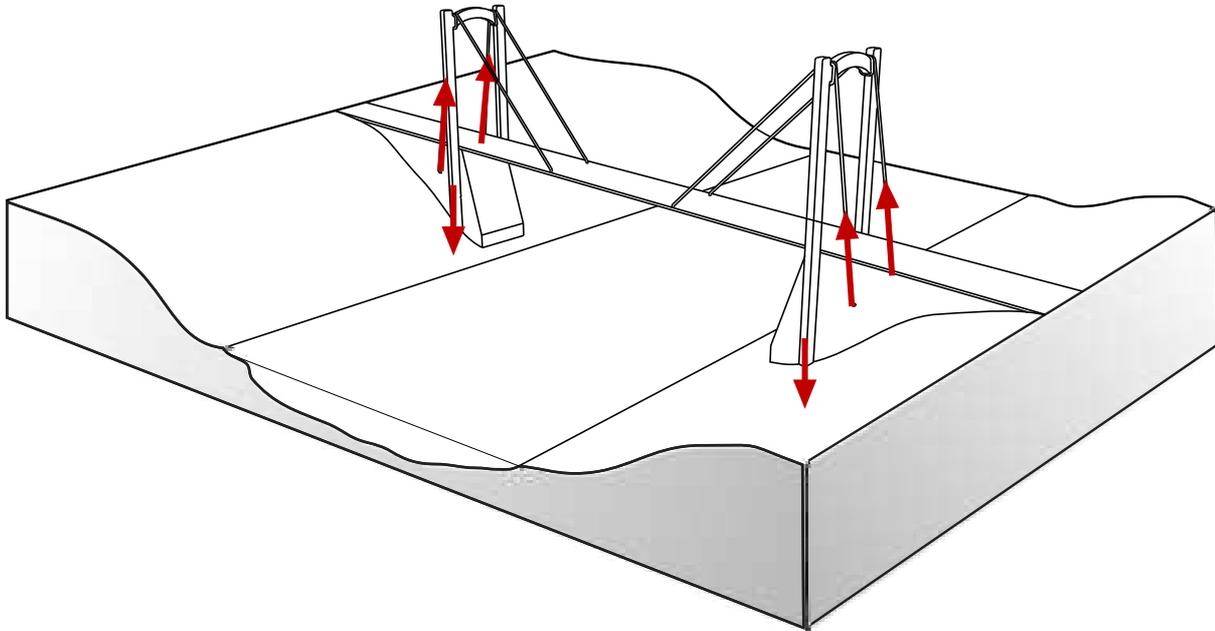


Le pont en arche permet un passage plus large en dessous que si on utilise des piliers. Comme pour les ponts en arche, les efforts sont transmis latéralement sur les culées du pont, ce qui nécessite que ces dernières puissent supporter cet effort latéral. On voit des béquilles en béton, en métal, en treillis métallique, en bois. On voit beaucoup de ponts à béquille au dessus des autoroutes.

Pont à poutre



La plupart des ponts comportent une poutre qui soutient le tablier, elle même soutenue par différents moyens (piliers, arche, etc). On voit aussi des ponts à poutre sans soutien intermédiaire. Les poutres sont en bois, en métal ou treillis métallique, en béton armé. On voit beaucoup d'anciens ponts de chemin de fer à poutres treillis métallique (fer ou acier). Les ponts plus récents sont souvent à poutres béton ou poutres en profilé acier. Les efforts sont transmis verticalement sous les piliers et culées, ce qui suppose un sol résistant sous ces éléments.

Activité 4 - L'intégration dans un site - Corrigé 3/3**Exemple de corrigé****Pont à haubans**

Les ponts à haubans ou les ponts suspendus permettent le maximum de passage libre sous le tablier. Des efforts de compression s'appliquent au niveau des piliers et des efforts de traction s'appliquent au niveau des ancrages des câbles dans le sol. Il faut un sol qui puisse résister à la traction et (ou) des fondations adaptées.

Les câbles sont presque toujours en acier (sauf quelques exemples avec du béton armé). Les piliers sont en béton armé. Le tablier est en métal ou béton armé.

On observe que les plus longues portées sont obtenues par des ponts suspendus.

Activité 4 - L'intégration dans un site - Exemple de synthèse

Intégration des ponts dans le paysage.

Pourquoi certains ponts sont-ils "légers et élégants" alors que d'autres ont l'aspect "massifs" d'un château médiéval ?

La réussite architecturale dépend des lignes générales de l'ouvrage. L'architecte doit orienter l'étude vers un dessin esthétique mais qui soit validé par les ingénieurs qui eux sont responsables de la résistance du pont.

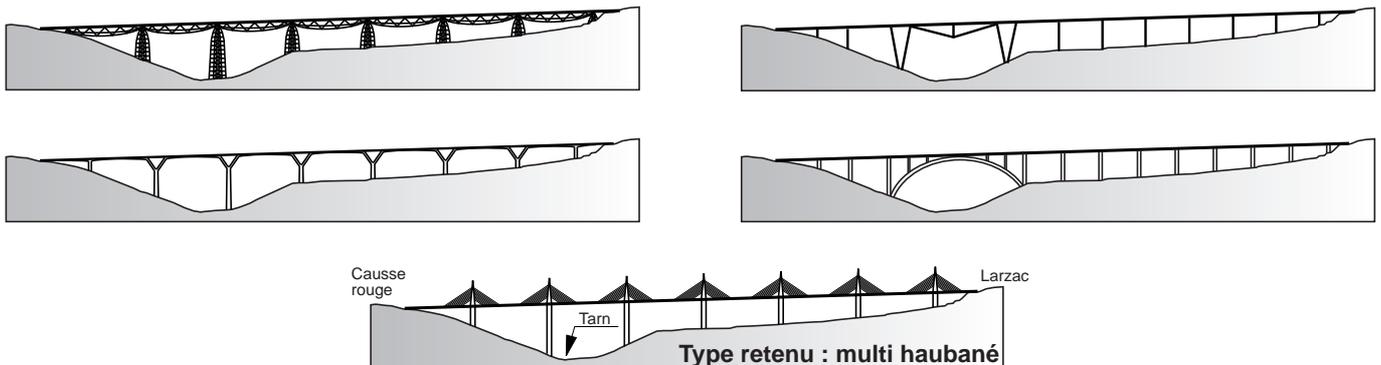
Plusieurs éléments sont à prendre en compte pour choisir le type de la structure :

- la distance à franchir,
- la matière des berges où va s'appuyer le pont,
- la hauteur et la largeur à laisser libre sous le tablier,
- la variation de la voie d'eau,
- les matériaux disponibles au moment de la construction,
- le trafic que doit supporter l'ouvrage,
- les voies d'accès au pont,
- les considérations économiques,
- le facteur esthétique.
- ...

Exemple

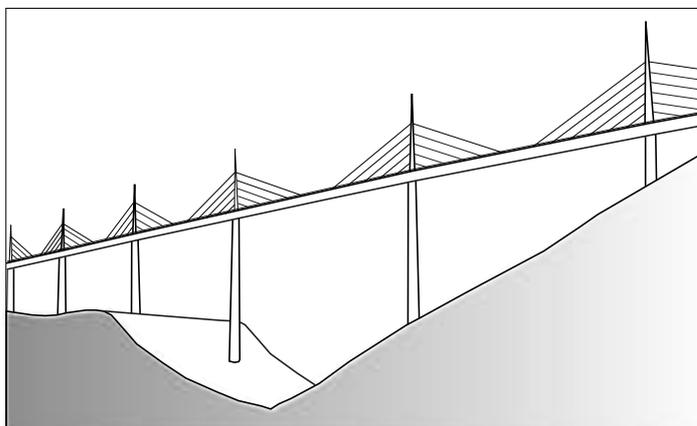
Dans la plupart des cas et surtout quand le site est remarquable, on construit plusieurs maquettes qui vont permettre de choisir les formes et le type de structure de l'ouvrage les plus adaptés au paysage.

Exemple : Viaduc de Milhau



C'est le projet "le plus épuré, le plus aérien", celui qui dégage le plus le paysage qui a été retenu et réalisé.

On peut constater que ce choix cumule à la fois des piliers et des mats en béton, un tablier à poutre en caisson et des haubans en acier.



Activité 4 - L'intégration dans un site - Ressource annexe

Pour éviter d'avoir à faire dessiner aux élèves les différents types de pont. Dessins à découper.

