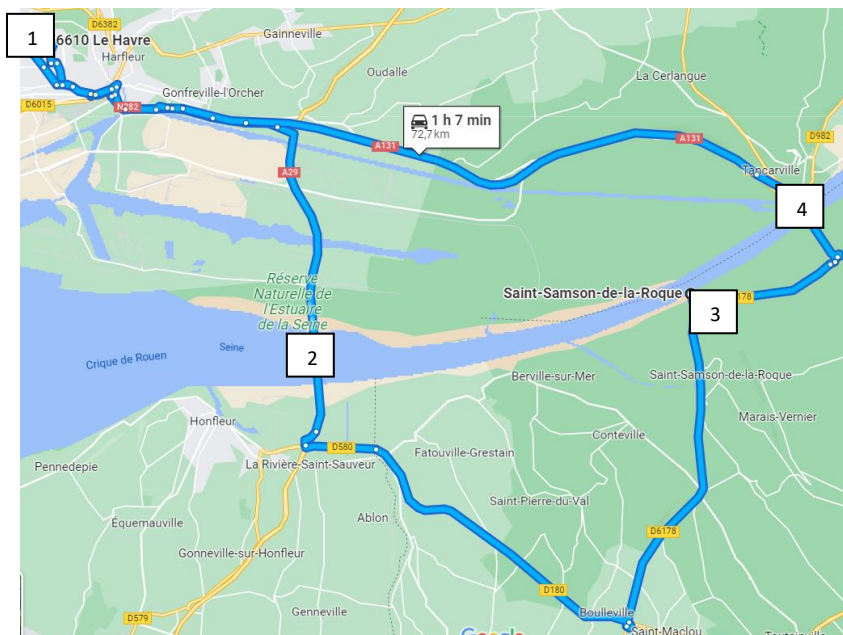


## RAPPEL DE NOTRE ITINÉRAIRE



- 1 = **Départ** Lycée Schuman-Perret -- 30min de bus
- 2 = **Parking Pont de Normandie**, traversée à pieds (30min) -- 30min de bus
- 3 = **Point de vue** de La Roque, moment de croquis (30min) -- 10min de bus
- 4 = **Parking Pont de Tancarville**, traversée à pieds (30min) -- 20min de bus
- 5 = **Retour** au Lycée Schuman-Perret

## AVEZ-VOUS DES REMARQUES CONCERNANT CETTE VISITE ?

Points positifs : .....

RÉPONSE SELON ÉLÈVE

Points négatifs : .....

RÉPONSE SELON ÉLÈVE

# PONTS NORMANDS

NOM : .....

PRÉNOM : .....



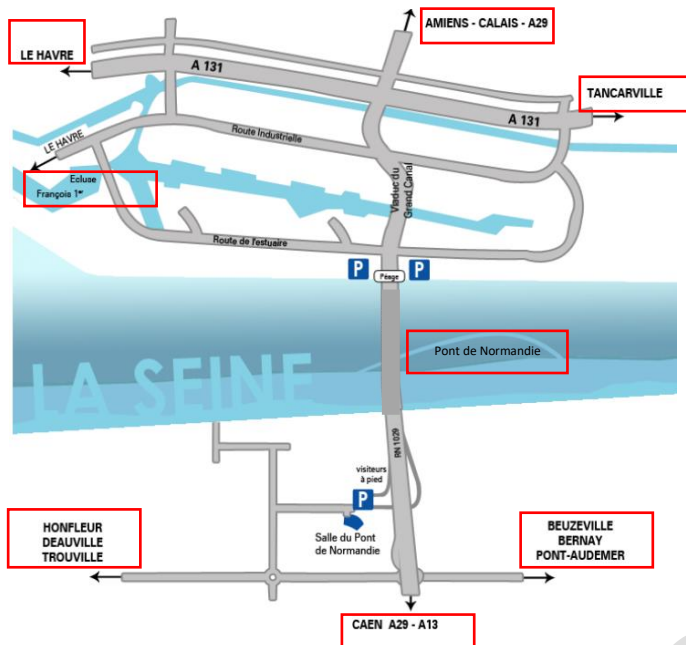
Sortie Scolaire

Mars 2022

1<sup>ère</sup> STI2D

# PONT DE NORMANDIE

## Plan de situation :



## Croquis du Pont :



Maitrise d'œuvre :

DDE 76 + 3 architectes

Début des travaux :

1988

Fin des travaux :

1995

Entreprise gros œuvre :

Bouygues Construction

Montant des travaux :

221 M €

Ouverture restaurants :

419M€ avec

Type de Pont :

Pont à haubans

Longueur de l'ouvrage :

2200m

Pente maximale :

6%

Coût TTC :

Moins cher Tour Eiffel

## GRILLE D'OBSERVATION

### TRACE ÉCRITE

PONT DE NORMANDIE	Plan de situation	/1
	Informations complétées	/1
	Croquis du Pont	/1
	Informations complétées	/1
	Croquis du pylône + câble	/0.5
	Informations complétées	/1
PONT DE TANCARVILLE	Croquis des fondations	/1
	Informations complétées	/0.5
	Plan de situation	/1
	Informations complétées	/1
	Croquis du Pont	/1
	Informations complétées	/1
	Croquis du pylône	/1
	Informations complétées	/0.5
	Croquis de la charpente métallique	/0.5
	Informations complétées	/0.5
	Croquis des fondations	/1
	Informations complétées	/0.5
		/15

### COMPORTEMENT

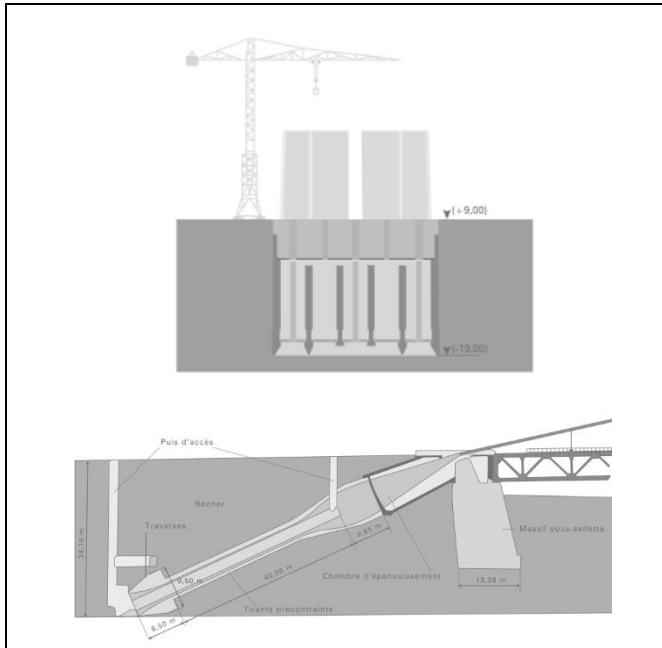
	Oui (+1)	Moyen (+0.5)	Non (+0)
Ponctualité avant/pendant			
Respect des consignes			
Sérieux, participation			
Peu de bavardage, à l'écoute			
Calme, respectueux pendant le transport			

/5

### NOTE FINALE

	/20
<u>Commentaire :</u>	

### Croquis des fondations :



Nombre de pieux :

32 par pile

Dimensions :

45x45cm

Charge max. sur 1 pieu :

150 tonnes

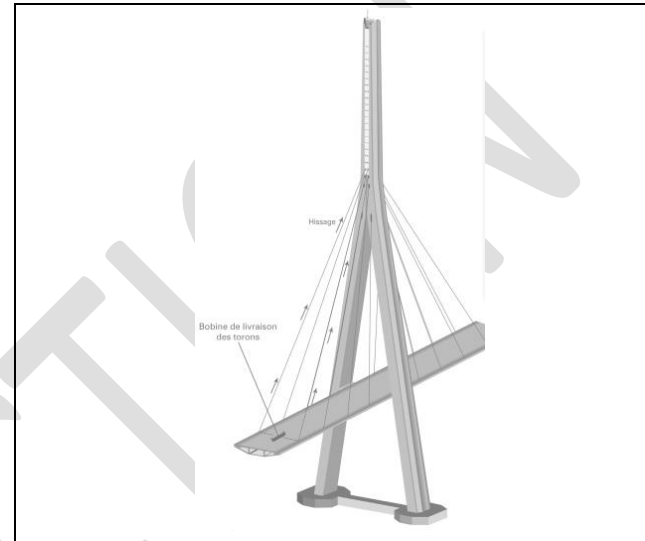
Nombre de piles :

7

Hauteur des piles :

16 à 35m

**Croquis des pylônes et des câbles :**



Poids :

20 000 tonnes

Armature d'acier :

11 700 tonnes

Câbles de précontraintes :

150 tonnes

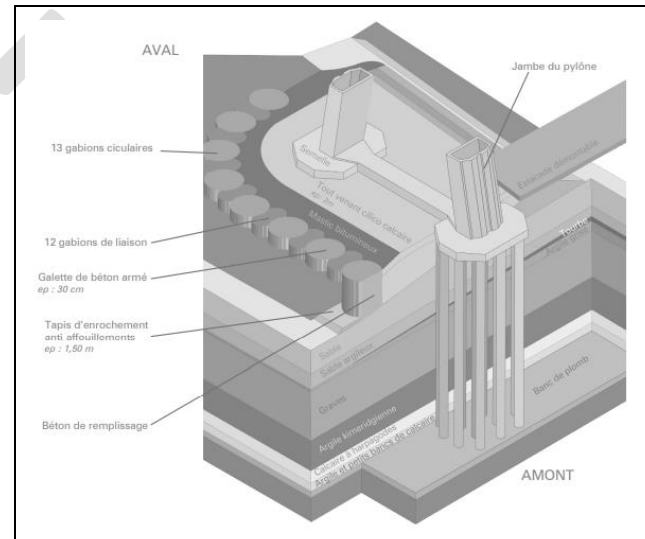
Coût :

12 M €

Délai de construction :

1an et demi

**Croquis des fondations :**



Nombre de pieux :

56 pieux

Diamètre de chaque pile :

2,10m

Poids des armatures :

1250 tonnes

Coût :

15 M €

Délai de construction :

18 mois

## CONCLUSION

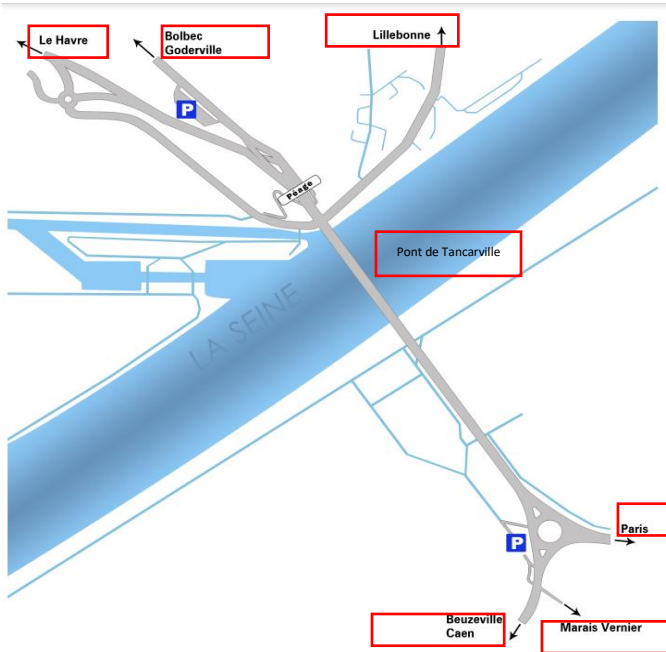
**Quel est votre ouvrage d'art favori ?** Justifier votre réponse par des arguments techniques.

### RÉPONSE SELON ÉLÈVE

Pylônes, fondations, coût, charpente, architecture simple, architecture complexe, matériaux, grandeur, pieux, piles, délai, etc...

**PONT DE TANCARVILLE**

**Plan de situation :**



## A black and white sketch of a sailing ship with two masts and a small cabin, sailing on a wavy sea. The ship is shown from a side-on perspective, with its sails partially set. The drawing is done in a simple, sketchy style with visible lines for the masts, rigging, and waves.

Type de Pont :  
.....  
**Pont suspendu**

Longueur de l'ouvrage :  
.....  
**1400m**

Pente maximale :  
.....  
**6,50%**

Temps travail :  
.....  
**400 ouvriers : 350000h**

Description architecturale :	
Béton armé, extrême simplicité, aucune addition décorative.	
Hauteur :	
123m	
Volume béton :	
5770m <sup>3</sup>	
Délai de construction :	
7,5 mois	

Poids :	
7500 tonnes	
Nombre de rivets :	
125 000	
Hauteur :	
6m	
Espacement :	
16m	
Délai de construction :	
3mois	

## SÉQUENCE N°7 : CONSTRUIT TON PONT

### ① LE VOCABULAIRE TECHNIQUE

*Objectif : Se familiariser avec le vocabulaire technique des ponts.*



INGÉNIERIE &  
DÉVELOPPEMENT  
DURABLE

#### APPROCHE FONCTIONNELLE

##### 1) À quels besoins répond un pont ?

Rédigez une phrase qui formule le besoin. Donnez 4 exemples d'utilisation de pont et ce qu'ils permettent.

Afin de formuler le besoin on se pose les questions suivantes :

- ✓ À qui, à quoi le pont rend-il service ?
- ✓ Sur qui, sur quoi le pont agit-il ?
- ✓ Quelle est sa fonction principale ?
- ✓ Dans quel but ?



##### Analyse du besoin :

Le rend service aux piétons et aux véhicules.

Il agit sur la fluidité de la circulation.

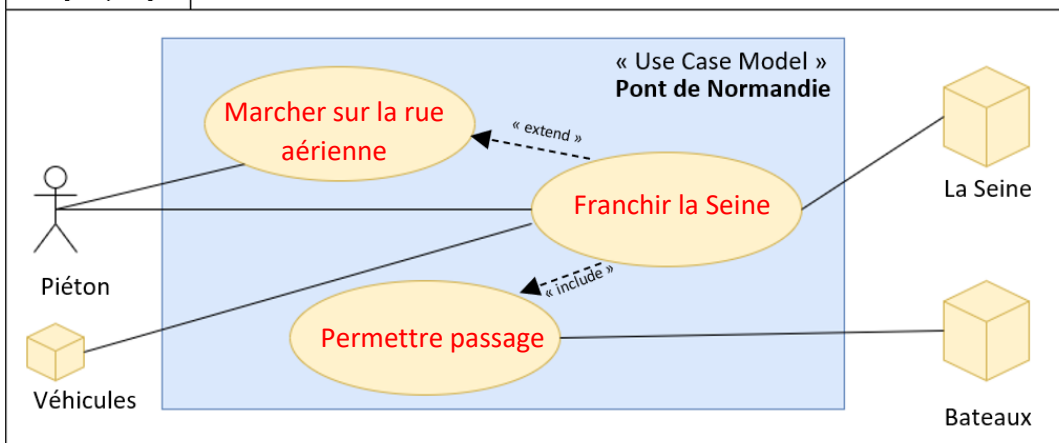
Sa fonction principale est de franchir un obstacle, ici l'eau.

Le but est d'améliorer le temps d'un itinéraire.

- Exemple 1 : .....  
Pont canal, permet à un canal de franchir un obstacle.
- Exemple 2 : .....  
Pont routier, peut supporter une route.
- Exemple 3 : .....  
Pont ferroviaire, peut supporter une ligne de chemin de fer.
- Exemple 4 : .....  
Pont écoduc, permet aux espèces végétales et animales de franchir une route.

##### 2) Compléter le SYSML « USE CASE » du Pont de Normandie.

UC [Paquet]



## ENJEUX TECHNIQUES

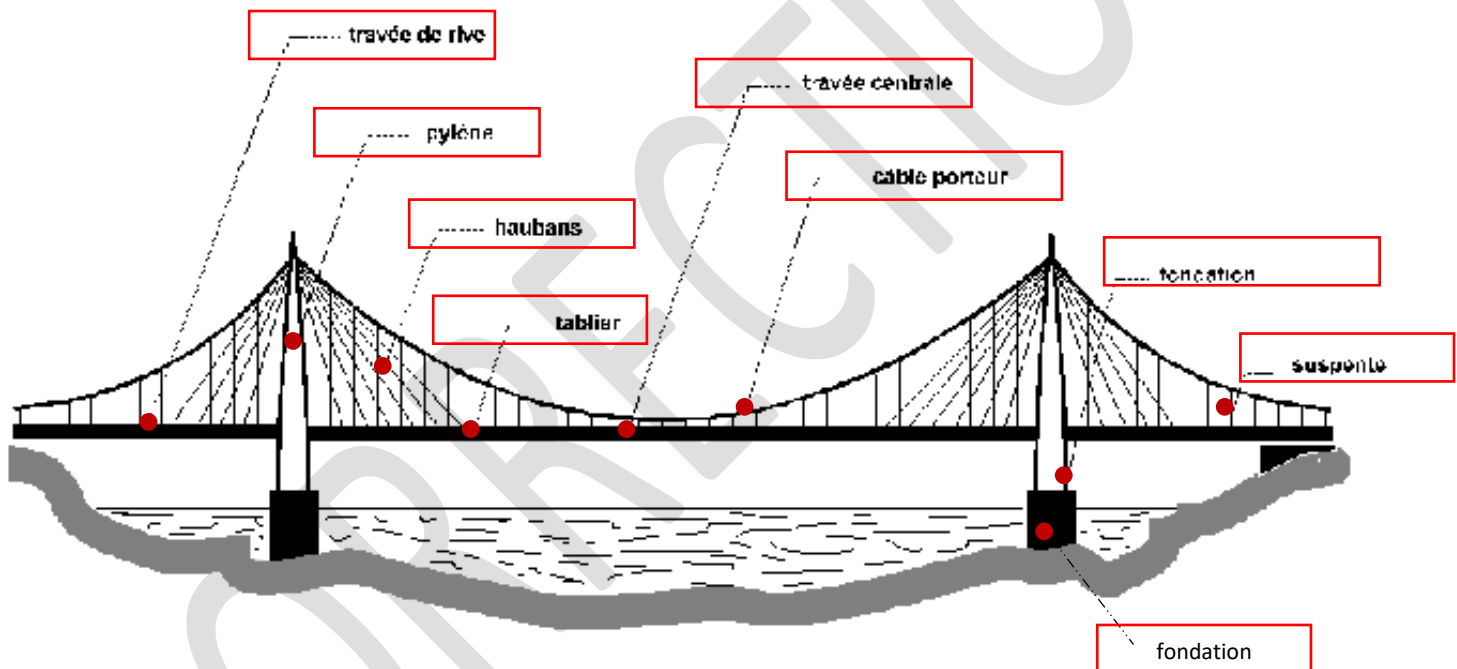
3) Selon vous, quelle est la problématique technique majeur pour un pont ? Justifier.

Franchir un obstacle tout en supportant une charge importante (ne pas céder, être bien dimensionné).

## VOCABULAIRE TECHNIQUE

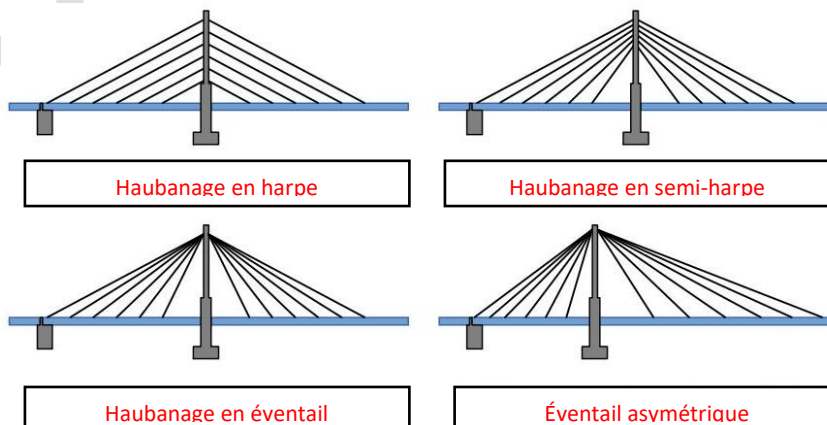
4) Placer les éléments constructifs principaux du pont sur le croquis ci-dessous.

*Aide : haubans, travée de rive, câble porteur, tablier, suspente, pylône, pile, fondation, travée centrale.*



5) Indiquer la typologie de l'haubanage sous chacun des schémas ci-dessous.

*Aide : harpe, éventail, semi-harpe, éventail asymétrique.*





## SÉQUENCE N°7 : CONSTRUIT TON PONT

### ② LA TYPOLOGIE DES PONTS

Objectif : Différencier les ponts et introductions à leur équilibre.

TD N°1



INGÉNIERIE &  
DÉVELOPPEMENT  
DURABLE

Matériel : Poste informatique + Maquette (référence « banc d'essai typologie des ponts, A4 Technologie, D-BE-PONA »)

Travail : Par binôme, en 1 heure.

### PROBLÉMATIQUE : Quelles sont les différentes façons de maintenir un tablier ?



En architecture, il existe plusieurs façons de maintenir le tablier d'un pont en équilibre. Aidez-vous de la maquette. Puis compléter les tableaux ci-dessous.

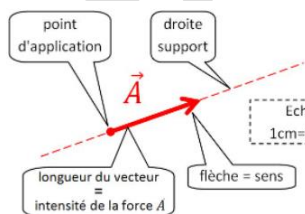
Donnez :

- Nom du pont,
- Schéma simplifié à l'échelle 1/4 par rapport à la maquette,
- Tracer les efforts agissants sur le tablier (environ 3cm),
- Synthétiser votre travail en utilisant les tableaux fournis

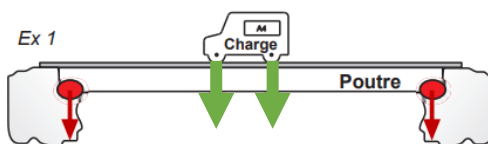
Type de pont : **Pont maintient poutre**

#### Schéma échelle 1/4

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, ...)



#### Légende des efforts :

- Action de contact
- Action à distance

#### Remarques :

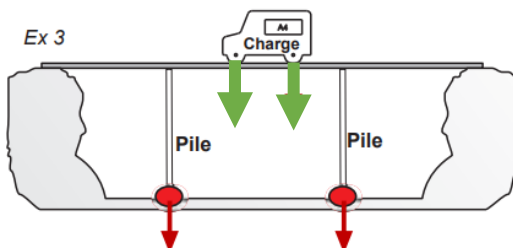
Le poids du camion va agir sur la poutre qui est soutenue aux extrémités par la roche ou la culée.

Nom de l'effort	Point d'application	Direction	Sens	Norme (3cm)
Masse	Centre	Verticale	↓	à dessiner + calculer
Appui 1	Extrémité 1	Verticale	↓	à dessiner + calculer
Appui 2	Extrémité 2	Verticale	↓	à dessiner + calculer
-	-	-	-	-

Type de pont : **Pont à piles**

Schéma échelle 1/4

3 - Maintien par piliers



Légende des efforts :

Action de contact

Action à distance

Remarques :

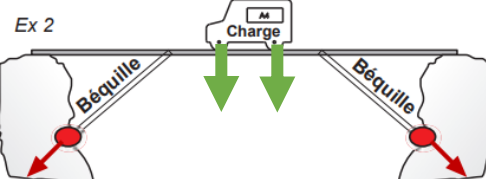
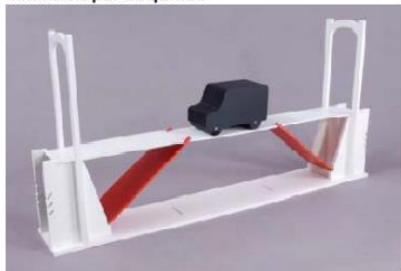
Le pont est soutenu par la base des piliers en appui vertical sur le sol.

Nom de l'effort	Point d'application	Direction	Sens	Norme (3cm)
Masse	Centre	Verticale	↓	à dessiner + calculer
Pile 1	Pile 1/sol	Verticale	↓	à dessiner + calculer
Pile 2	Pile 2/sol	Verticale	↓	à dessiner + calculer
-	-	-	-	-

Type de pont : **Pont à béquilles**

Schéma échelle 1/4

4 - Maintien par béquilles



Légende des efforts :

Action de contact

Action à distance

Remarques :

Le tablier est retenu par les extrémités des béquilles en appui oblique sur le rocher de chaque côté.

Nom de l'effort	Point d'application	Direction	Sens	Norme (3cm)
Masse	Centre	Verticale	↓	à dessiner + calculer
Béquille 1	Béquille 1/roche	Vers la gauche	↙	à dessiner + calculer
Béquille 2	Béquille 1/roche	Vers la droite	↘	à dessiner + calculer
-	-	-	-	-

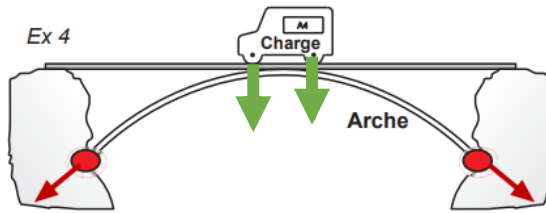
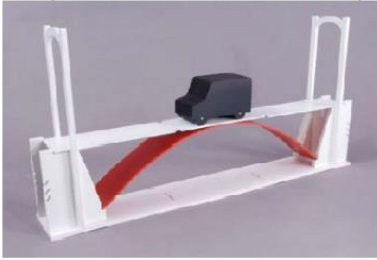


Type de pont : **Pont en arc**

Schéma échelle 1/4

**5 - Maintien par une voute**

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



Légende des efforts :

Action de contact

Action à distance

Remarques :

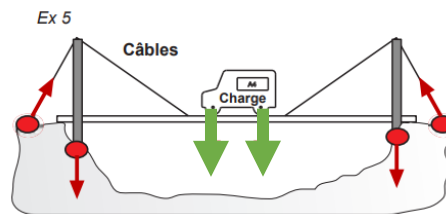
Le pont est soutenu par les extrémités de l'arche en appui de chaque côté sur le rocher.

Nom de l'effort	Point d'application	Direction	Sens	Norme (3cm)
Masse	Centre	Verticale	↓	à dessiner + calculer
Arche extrémité 1	Arche <sub>extrémité 1</sub> / roche	Vers la gauche	↙	à dessiner + calculer
Arche extrémité 2	Arche <sub>extrémité 2</sub> / roche	Vers la droite	↘	à dessiner + calculer
-	-	-	-	-

Type de pont : **Pont à haubans**

Schéma échelle 1/4

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



Légende des efforts :

Action de contact

Action à distance

Remarques :

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.

Nom de l'effort	Point d'application	Direction	Sens	Norme (3cm)
Masse	Centre	Verticale	↓	à dessiner + calculer
Pile 1	Pile 1/roche	Verticale	↓	à dessiner + calculer
Pile 2	Pile 2/roche	Verticale	↓	à dessiner + calculer
Hauban 1	Hauban1/pile1	Vers la droite	↗	à dessiner + calculer
Hauban 2	Hauban1/pile1	Vers la gauche	↖	à dessiner + calculer

## RÉDIGER UNE SYNTHÈSE EN CLASSE ENTIÈRE :

### 1 – Déformations

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.

### 2 – Transmissions des charges

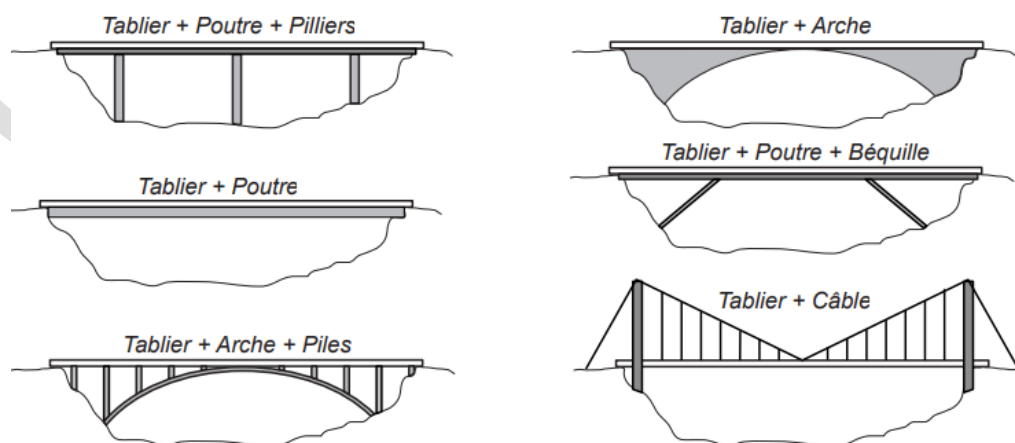
Au moment du passage du véhicule le tablier est maintenu par tous les éléments intervenant dans la réalisation du pont. La charge est transmise et répartie dans toutes les parties du pont, pour finir en contact avec le terrain. Une analyse du terrain par un géologue avant la réalisation d'un ouvrage est donc très importante pour que l'assise soit stable et que le pont résiste aux différentes charges de passage.

### 3 – Matériaux utilisés

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.

### 4 – Système le plus résistant

Par systèmes mixtes. 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.



## SÉQUENCE N°7 : CONSTRUIT TON PONT

### ② LA TYPOLOGIE DES PONTS

*Objectif : Différencier les ponts et découverte des suspentes.*

TD N°2



INGÉNIERIE &  
DÉVELOPPEMENT  
DURABLE

Matériel : Poste informatique et calculatrice.

Travail : Par binôme, en 1 heure.

### PROBLÉMATIQUE : Quelle est la fonction d'une suspente ?



Cette étude est consacrée au Pont transbordeur de Rochefort, situé en Charentes. Ce pont a pour fonction principale de franchir un fleuve.

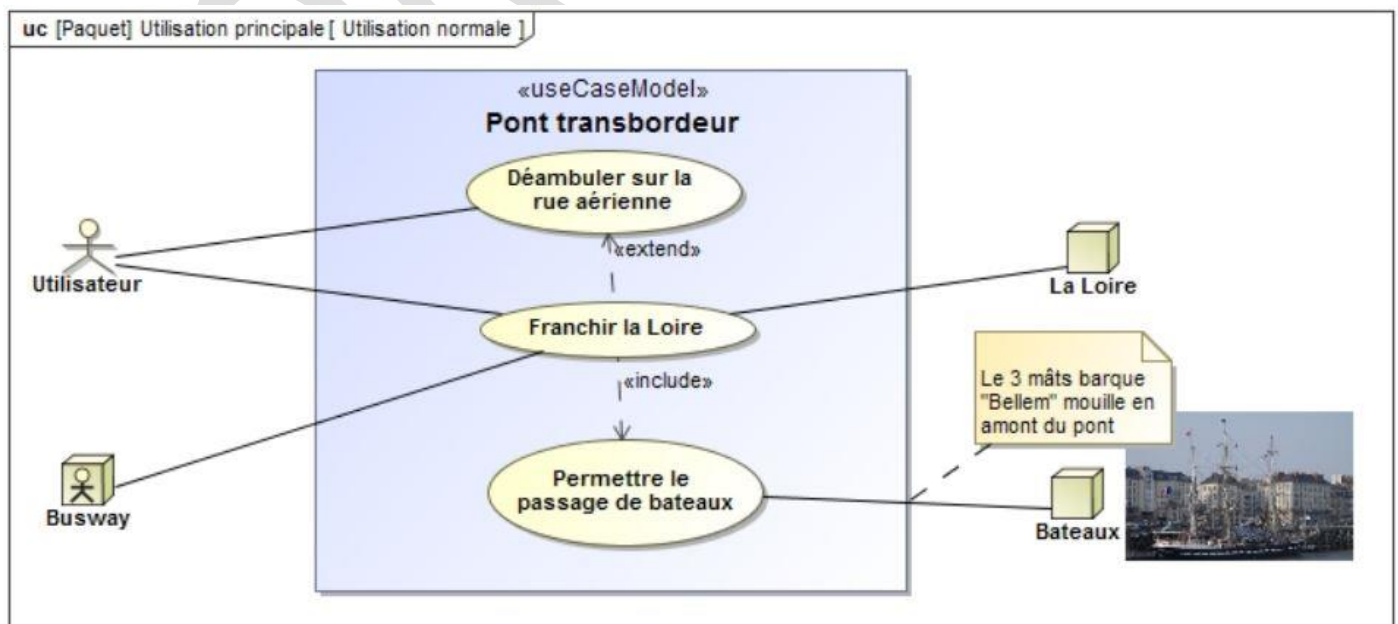
La nacelle du pont transbordeur doit pouvoir supporter une charge totale de 100 tonnes. Elle est suspendue au bout de 10 câbles/suspentes, qui lui permettent de se déplacer horizontalement d'un quai à l'autre de la Loire. La masse à vide de la nacelle est de 100 tonnes.

### Hypothèse de travail :



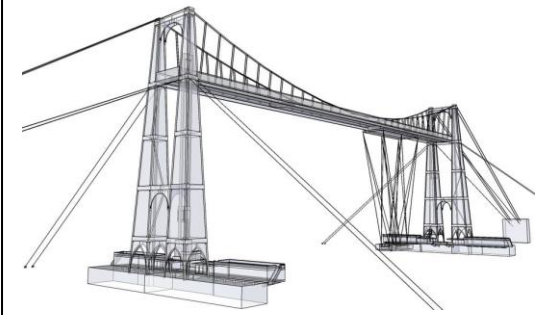
Le poids total  $P$  est réparti de façon égale entre tous les câbles. Le coefficient de sécurité est fixé à 10 pour les équipements suspendus recevant du public (cas de la nacelle). Les suspentes étant des câbles dont les sollicitations varient beaucoup du fait des mouvements de la charge, pour prendre en compte cette fatigue du matériau, le constructeur retient l'effort de service comme critère de choix des câbles et annonce que ce dernier permet de supporter 2 270 kN.

### SYSML « Use Case » :



1) D'après les informations ci-dessous et vos recherches personnelles, présentez le Pont Transbordeur.

Croquis :

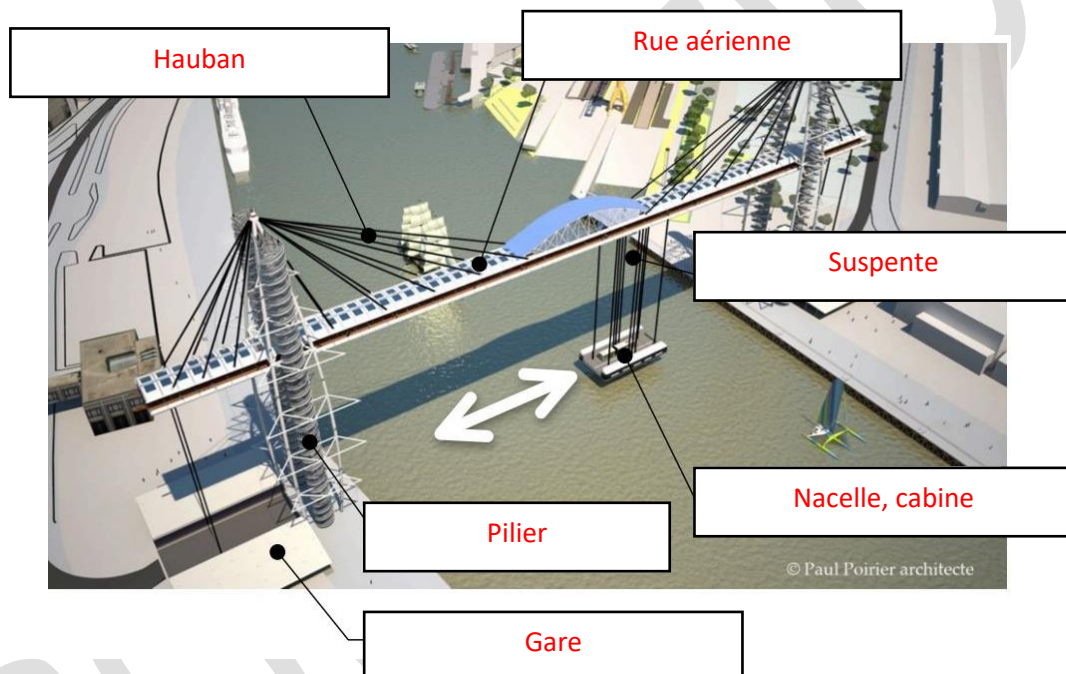


Pont transbordeur de Rochefort, situé en Charentes. Ce pont a pour fonction principal de franchir un fleuve via une nacelle (ou transbordeur) suspendue à un chariot roulant sous le tablier.

La traction, par câble commandé depuis la rive, fut d'abord assurée par une machine à vapeur puis, très vite, par un moteur électrique.

Les ponts de ce type ont été construits, pour la plupart, dans la première moitié du xxe siècle, il en reste huit en usage dans le monde.

2) Placer le vocabulaire correspondant sur l'image ci-dessous.

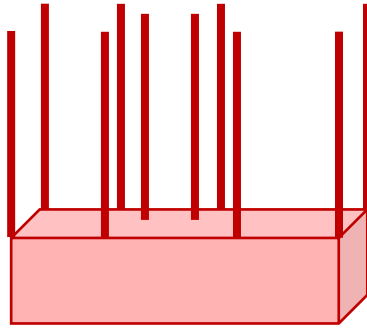


3) Repérer le type d'haubanage. Justifier la réponse.

Haubanage en éventail asymétrique.

4) Faire un croquis simplifié des suspentes du Pont Transbordeur, au niveau de la nacelle.

Croquis :



5) Dans le cas d'une étude simplifiée où les suspentes portent toutes le tablier de la même façon, calculer le poids maximal de l'ensemble supporté par les 10 suspentes.

$$P = m \times g$$

$$[N] = [kg] \times [m/s^2]$$

$$P = (m_{\text{nacelle}} + m_{\text{charge}}) \times 9.81$$

$$P = (100.103 + 100.103) \times 9.81$$

$$P = 1\,964 \text{ kN}$$

6) Déterminer la charge maximale que peut théoriquement supporter une suspente.

Il y a 10 suspentes de 50 m et un poids à supporter de 1964 kN donc la charge par suspente étant supposée uniformément répartie entre les 10 suspentes ou câbles est de  $1964 / 10 = 196.4 \text{ kN}$ . on applique un coefficient de sécurité de 10 à cette charge  $196.4 \times 10 = 1964 \text{ kN}$

7) Dédurre si le type de suspente choisie convient.

Le câble choisi supporte  $2\,270 \text{ kN} > 1\,964 \text{ kN} \rightarrow \text{OK}$

## SÉQUENCE N°7 : CONSTRUIT TON PONT

### ③ PROPRIÉTÉS DES MATÉRIAUX

Objectif : Rappel des unités, différencier les grandes familles de matériaux.



INGÉNIERIE &  
DÉVELOPPEMENT  
DURABLE

#### RAPPEL DES UNITÉS

1) Donner la formule d'une **surface** et son unité.

$$S = L \times l \text{ (en m}^2\text{)}$$

2) Donner la formule d'un **volume** et son unité.

$$V = L \times l \times h \text{ (en m}^3\text{)}$$

3) Donner la formule du **poids**, son unité et une définition.

$$P = m \times g \text{ (m en kg, g en N/kg, P en Newton)}$$

Définition : poussée exercée par un corps du fait de sa

4) Donner la formule d'une **masse volumique**, son unité et une définition.

$$M_v = \rho \times V \text{ ou } M_v = m / V \text{ (en kg/m}^3\text{)}$$

Définition : définit la masse d'un matériau par unité de volume.

5) Donner la formule d'une **force**, son unité et une définition.

$$F \text{ (ou N)} = m \times g \text{ (m en kg, g en N/kg, F en Newton ou kg m s}^{-2}\text{)}$$

Définition : force du mouvement, appliquée pendant 1s à un objet de 1kg, capable d'ajouter 1m/s à sa vitesse.

#### QU'EST-CE QU'UN MATÉRIAU ?

6) Donner la définition de "matériau". Et donner ces **4 familles**. Voir le document ressource à la page n°1.

<u>Définition</u> : Matière d'origine naturelle ou artificielle que l'Homme façonne /modifie pour en faire des objets. Ils sont partout et ne se ressemblent pas.	
FAMILLE 1 : Ferreux	FAMILLE 3 : Minéraux
FAMILLE 2 : Organiques	FAMILLE 4 : Composites

7) Comment choisir un matériau ? Citer les **3 critères** principaux. Voir le document ressource à la page n°1.

CRITÈRE 1 : Usage	CRITÈRE 2 : Environnement	CRITÈRE 3 : Coût
-------------------	---------------------------	------------------



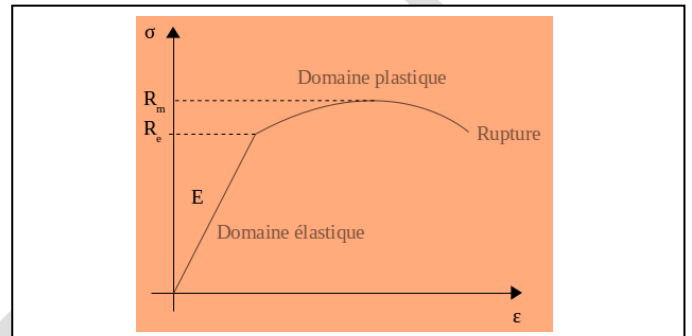
8) Comment réagit un matériau sous l'effet de la **chaleur** ? Et sous l'effet du **froid** ? Voir le document ressource à la page n°2.

	RÉACTION DU MATÉRIAU
CHALEUR	Sous l'effet de la chaleur, un matériau se dilate, ses dimensions augmentent.
FROID	Sous l'effet du froid, un matériau se contracte, ses dimensions diminuent.

9) Qu'est-ce que l'**élasticité** d'un matériau ? Dessiner sa courbe. Voir le document ressource à la page n°2 et n°3.

Propriété que possèdent la plupart des matériaux de reprendre leur forme et leurs dimensions primitives après une déformation généralement faible.

Elle est déterminée par l'essai de traction et est caractérisée par la charge limite élastique ( $R_e$  en MPa).



#### EXEMPLE DU BÉTON

10) Donner la « **recette** » pour fabriquer du béton et les dosages. Voir le document ressource à la page n°6.

Ingrédient 1 : Gravier	Ingrédient 2 : Sable	Ingrédient 3 : Ciment	Ingrédient 4 : Eau
------------------------	----------------------	-----------------------	--------------------

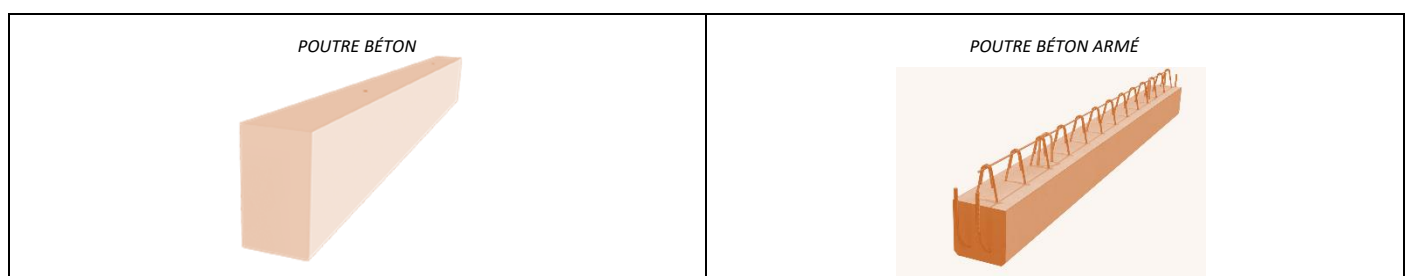
11) Quelles sont les **utilisations** courantes du béton ? Penser à la ville du Havre. Voir le document ressource à la page n°6.

Construction de bâtiments, d'usines, de réservoirs et de silos de petite capacité, de ponts de petite portée, de routes, d'ouvrages de fondation + reconstruction ville du Havre.

12) Citer 2 **avantages** et 2 **inconvénients** du béton. Voir le document ressource à la page n°6.

<b>Avantages :</b> - Peu coûteux - Rapide d'exécution	<b>Inconvénients :</b> - Ciment polluant - Peu esthétique
---	---

13) Expliquer par 2 croquis légendés la différence entre une « poutre en **béton** » et une « poutre en **béton armé** ».



14) Qu'est-ce qu'un **élément porteur** en béton ? Voir le document ressource à la page n°6.






Porte la structure, peut être horizontal (poutre) ou vertical (poteau).

16) Quelles **charges** doit supporter une structure en béton ? Voir le document ressource à la page n°5.




Nom : Permanentes (poids propre de la structure)	Nom : Exploitations (mobiliers, usagers, etc)	Nom : Climatiques (météo, neige, pluie, vent, etc)
---	--	---

17) Pour vérifier la résistance du béton, nous faisons des **tests de résistance**.

Compléter les croquis avec les noms suivants : compression, traction, cisaillement, torsion, flexion.

Nom : <b>Traction</b> Croquis : 	Nom : <b>Compression</b> Croquis : 	Nom : <b>Torsion</b> Croquis : 
Nom : <b>Flexion</b> Croquis : 	Nom : <b>Cisaillement</b> Croquis : 	

18) Ces machines permettent de réaliser des **essais de résistance** sur des échantillons de matériaux. Noter le nom des essais réalisés pour chaque **machine**.

MACHINE 1	MACHINE 2	MACHINE 3
		
Type d'essai : <b>Traction</b>	Type d'essai : <b>Compression</b>	Type d'essai : <b>Flexion</b>

# SÉQUENCE N°7 : CONSTRUIT TON PONT



INGÉNIERIE  
& DÉVELOPPEMENT  
DURABLE

## ④ COMPORTEMENT DES MATÉRIAUX

Objectif : Caractériser différents matériaux rencontrés dans l'élaboration de ponts.

TD N°3

N°	Nom	Hachure	Masse (g)	Volume (m³)	Masse volumique (Kg.m <sup>-3</sup> )	Densité	Densité théorique	Couleur	Conducteur	Magnétisme
1	<b>FONTE</b>		204	2.8.10 <sup>-5</sup>	7285	7.285	7.20	Gris	OUI	OUI
2	<b>ACIER</b>		220	2.8.10 <sup>-5</sup>	7857	7.857	7.85	Gris	OUI	OUI
3	<b>ACIER</b>		222	2.8.10 <sup>-5</sup>	7928	7.928	7.85	Gris	OUI	NON
4	<b>PLOMB</b>		310	2.8.10 <sup>-5</sup>	11071	11.07	11.35	Gris noir	OUI	NON
5	<b>CUIVRE</b>		250	2.8.10 <sup>-5</sup>	8929	8.929	9	Rouge	OUI	NON
6	<b>LAITON</b>		236	2.8.10 <sup>-5</sup>	8428	8.428	8	Jaune	OUI	NON
7	<b>BRONZE</b>		252	2.8.10 <sup>-5</sup>	9000	9.000	8.4 à 9.2	Jaune or	OUI	NON
8	<b>CUPRO-</b>		214	2.8.10 <sup>-5</sup>	7642	7.642	8	Jaune	OUI	NON
9	<b>ALUMINIUM</b>		76	2.8.10 <sup>-5</sup>	2714	2.714	2.7	Gris clair	OUI	NON
1	<b>ZINC</b>		202	2.8.10 <sup>-5</sup>	7214	7.214	7.1	Gris	OUI	NON
1	<b>POLYAMIDE</b>		32	2.8.10 <sup>-5</sup>	1142	1.142	11.6	Suivant le	NON	NON
1	<b>PVC</b>		38	2.8.10 <sup>-5</sup>	1357	1.357	13.8	Gris	NON	NON

## SÉQUENCE N°7 : CONSTRUIT TON PONT

### ④ COMPORTEMENT DES MATÉRIAUX

Objectif : Caractériser une déformation de matériau sous l'effet de la chaleur.

TD N°4



INGÉNIERIE &  
DÉVELOPPEMENT  
DURABLE

Matériel : Poste informatique et calculatrice.

Travail : Par binôme, en 1h30.

### PROBLÉMATIQUE : Comment se déforme un matériau sous l'effet d'une variation de température ?



#### DE RETOUR SUR LE PONT TRANSBORDEUR

##### Caractéristiques du câble

Résistance nominale à la traction : 1770 N·mm<sup>-2</sup>

Module d'Young : 195 kN·mm<sup>-2</sup>

Charge de rupture caractéristique spécifiée : 265 kN

Coefficient de dilatation :  $\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

##### Données :

$$\sigma = E \times \varepsilon = \frac{F}{S} \quad \text{soit} \quad \varepsilon = \Delta l / l_0$$

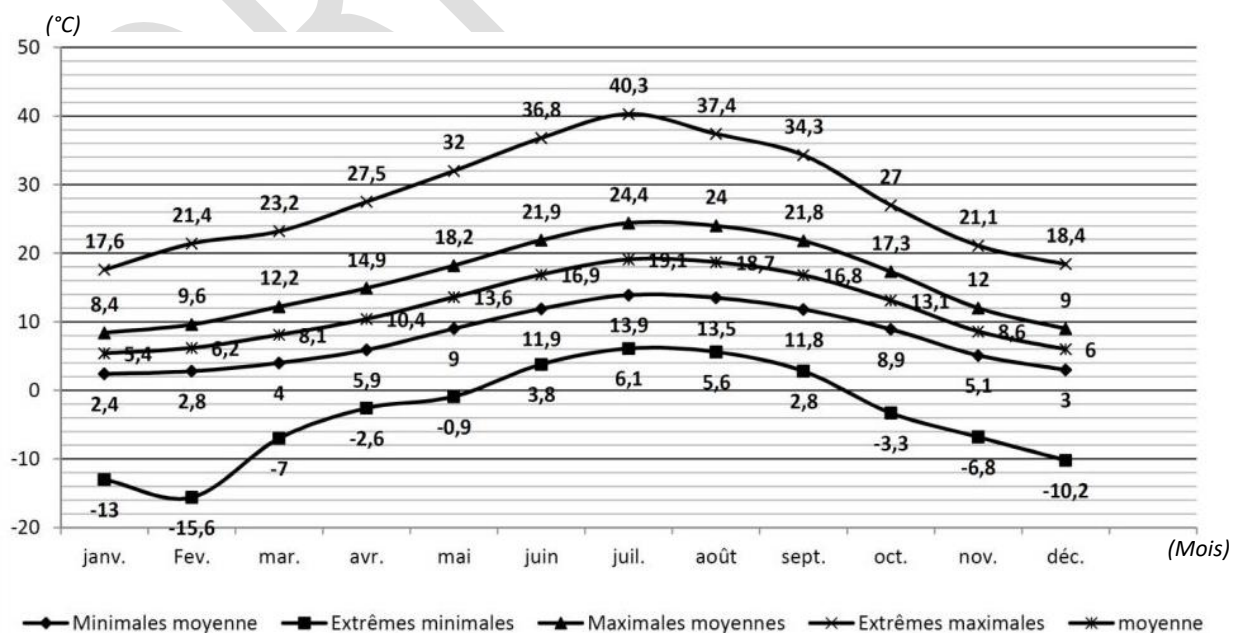
$l_0$  longueur initiale en mm, ici  $l_0 = 50\text{m}$

F charge par suspente en N

S surface du câble (section) en mm<sup>2</sup>

E module d'Young en mPa ou kN·mm<sup>-2</sup>, ici E = 195 000 MPa

Le pont transbordeur est soumis aux conditions climatiques environnantes preuve en est des températures extrêmes relevées sur trente ans, voir le graphique ci-dessous :



1) Calculer l'allongement maximale  $\Delta l_1$  d'une suspente, avec une charge F par suspente de 170 000 N.

$$S_{\text{suspente}} = \pi r^2 = \pi \cdot 20^2 = 1\,257 \text{ mm}^2$$

$$\Delta l_1 = \frac{F \cdot L_0}{E \cdot S_0} = \frac{170\,000 \times 50\,000}{195\,000 \times 1\,257} = 35 \text{ mm}$$

2) Calculer l'allongement  $\Delta l_2$  d'une suspente dû à la dilatation entre les températures extrêmes ?

Rappel :  $\Delta l_2 = \alpha \times L_0 \times \Delta T$

Variation de température  $\Delta T$  d'après le document :  $\Delta T = 40,3 - (-15,6) = 55,9 \text{ }^\circ\text{C}$

Variation de longueur des suspentes en appliquant la formule indiquée :

$$\Delta l_2 = \alpha \times L_0 \times \Delta T = 1,2 \cdot 10^{-5} \times 50\,000 \times 55,9$$

$$\Delta l_2 = 33,54 \text{ mm}$$

3) Calculer et conclure quant à l'allongement maximale.

Variation totale de l'allongement, soit comportement mécanique + thermique :

$$\Delta l_{\text{max}} = \Delta l_1 + \Delta l_2 = 35 + 34 = 69 \text{ mm}$$

→ Variations acceptables.



#### ARRIVÉE SUR LE VIADUC DE MILLAU

Le tablier métallique du viaduc de Millau mesure 2 460 m de long. On retient des températures minimales de  $-15^\circ\text{C}$  en hiver et maximales  $40^\circ\text{C}$  en été. Coefficient de dilatation  $\alpha = 12 \cdot 10^{-6}/\text{K}$

4) Quelle est la variation de longueur du tablier entre les saisons ?

$$\Delta l = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta t$$

$$\Delta l = 2\,460 \cdot 12 \cdot 10^{-6} \cdot 60$$

$$\Delta l = 1,77 \text{ m}$$

5) Le résultat est-il plausible ?

Oui, il faut multiplier les joints de dilatation pour que ce soit possible.

6) Conclure quant à la dilatation des matériaux.

Lorsqu'un matériau est soumis à de basses ou de hautes températures, il subit une variation de longueur, appelée « dilatation ».

## SÉQUENCE N°7 : CONSTRUIT TON PONT

### ⑤ RESTITUER LES INFORMATIONS

*Objectif : Résumer les notions apprises précédemment, en suivant les exigences du Grand Oral.*



INGÉNIERIE &  
DÉVELOPPEMENT  
DURABLE

**Consigne :** Choisir l'un des TD (du n°1 au n°4) réalisé en classe. Puis résumer les notions importantes en 2 minutes. Aucun support autorisé. L'utilisation du tableau, des feutres et d'une prise de notes (ci-dessous) est autorisée.

#### PRISE DE NOTE DE L'ÉLÈVE

**Choix du TD :** TD1 « Quelles sont les différentes façons de maintenir un tablier ? »

TD2 « Quelle est la fonction d'une suspente ? »

TD3 « Comment reconnaître un matériau avec seulement un échantillon ? »

TD4 « Comment se déforme un matériau sous l'effet d'une variation de température ? »

**Introduction sous la forme d'une question :**

→ Pont = Franchir un obstacle

→ Pont à haubans, pont à piles, pont en arc, etc

→ Quelles sont les différentes façons de maintenir un tablier ?

**Explications des étapes, des calculs et de la réponse :**

→ Passage du véhicule sur le tablier, charge qui déforme

→ Tablier maintenu par tous les éléments : piles, poutres, béquilles, câbles, etc

→ Un seul élément ne suffit pas, faire plusieurs combinaisons

→ Charge transmise et répartie dans toutes les parties du pont, pour finir en contact avec le terrain

→ Analyse du terrain par un géologue est très importante pour que l'assise soit stable et que le pont

**Conclusion rapide :**

→ Doit être conçu pour résister aux charges

→ Par systèmes mixtes, des combinaisons de moyen

→ Exemples : tablier + poutres + piliers / tablier + câbles

#### BARÈME

Critères	+2	+1	+0.5	+0
<b>QUALITÉ ORALE</b> La voix soutient le discours : le débit, la fluidité et les variations sont marqués. Candidat convaincant.				
<b>QUALITÉ DES CONNAISSANCES</b> Utilisation d'un vocabulaire riche et précis. Des exemples de calculs et de réglementations.				
<b>QUALITÉ DE L'ARGUMENTATION</b> Maîtrise les enjeux du sujet. Réponse bien construite et raisonnée. Une argumentation personnelle.				
<b>TOTAL : ..... /6 soit ..... /10</b>				



## SÉQUENCE N°7 : CONSTRUIT TON PONT

### ⑥ DÉCOUVERTE DU LOGICIEL RDM

Objectif : Découvrir la résistance mécanique sur une structure via un logiciel dédié.



INGÉNIERIE &  
DÉVELOPPEMENT  
DURABLE

Lancer le logiciel Flexion



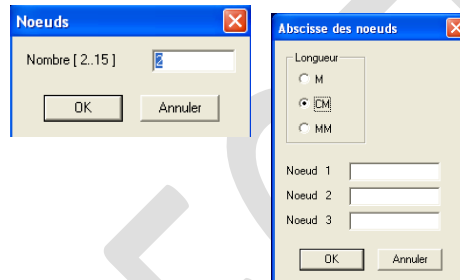
#### 1) Nouvelle étude :



#### 2) Définition de la poutre :

La poutre se définit par un nombre de nœuds (endroits où on veut placer soit une liaison soit un effort) et leurs coordonnées.

Ici nombre de nœuds 3

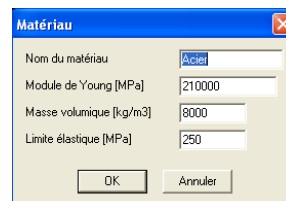


Coordonnées des nœuds à saisir : 0 ; 100 ; 200.

#### 3) Définition des paramètres matière :

Vous pouvez choisir un matériau dans la bibliothèque  ou définir le matériau .

Définition du matériau de la poutre :



Saisir les valeurs données par la vidéo.

#### 4) Définition du profil de la poutre :

Choisir le bon profil qui correspond au spaghetti parmi ceux proposés ci-dessous :




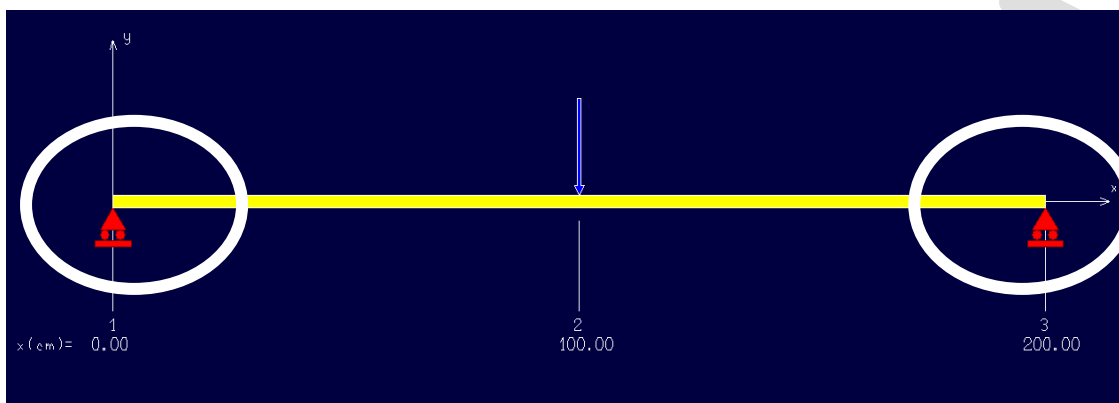
## 5) Placer les appuis :



Liaison encastrement  Appui simple  ...



Mettre un appui simple à chaque extrémité de la poutre.

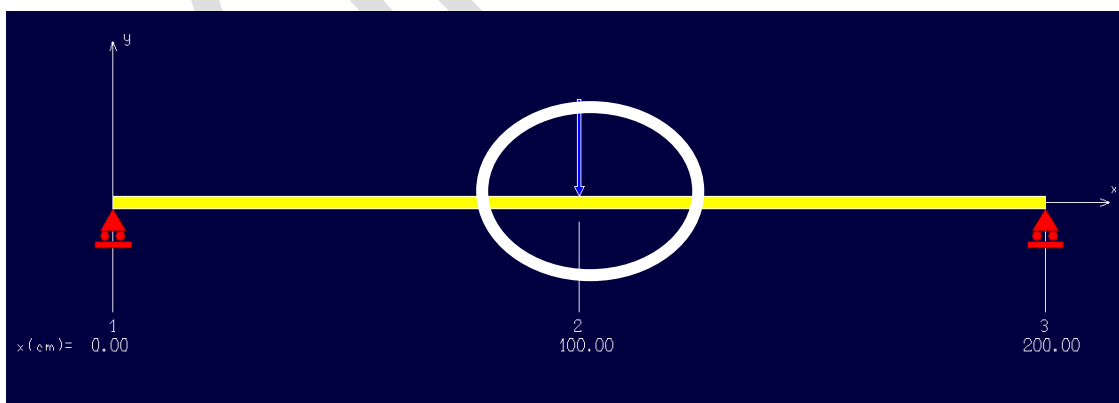
Cliquer sur la liaison  que vous voulez insérer puis sur le nœud où mettre cette liaison.



## 6) Placer la charge (force) au milieu de la poutre :

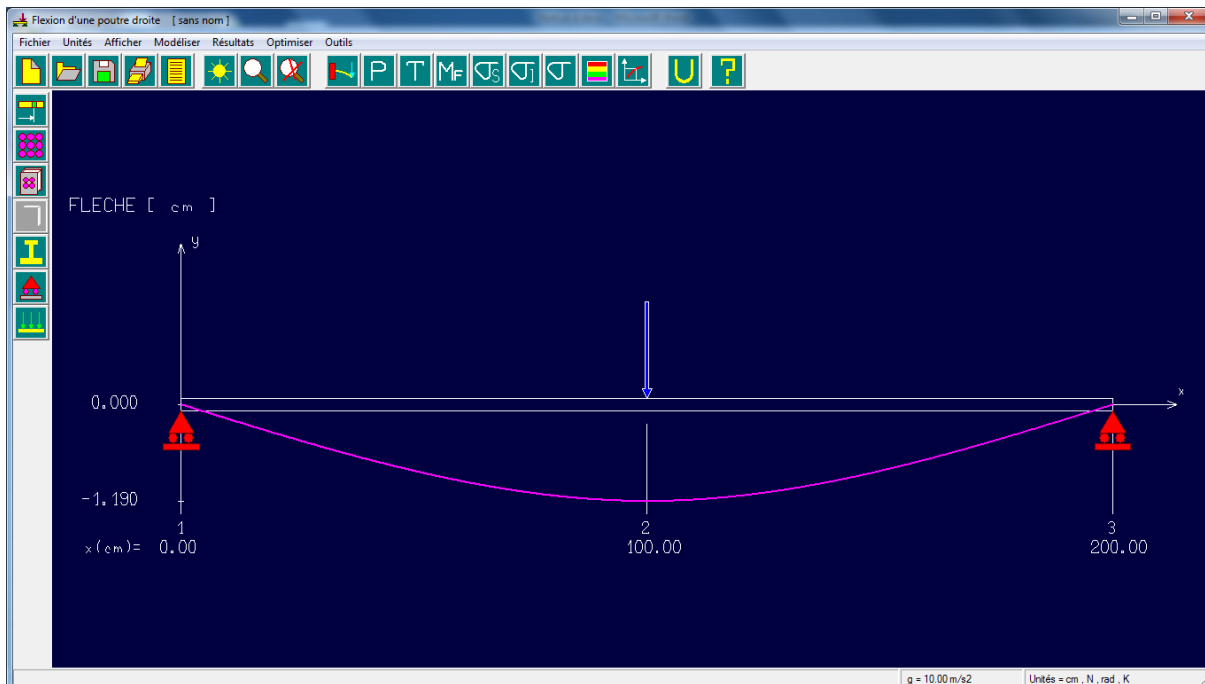


Cliquer sur le type de charge  (charge ponctuelle)  (charge répartie), entrer la valeur (négative vers le bas), et cliquer sur le nœud où mettre l'action.




## 7) Affichage des résultats :

Affichage de la déformation.



## 8) À partir du résultat ci-dessous, quelles données pouvez-vous en tirer ?

Le logiciel simule un élément porteur horizontal de 200cm. Cet élément est entre 2 appuis simples.  
Lorsqu'une force en Newton est appliquée au centre, on peut apercevoir que la poutre se déforme de  
1,19cm. Cette déformation est appelée « la flèche ».

SÉQUENCE N°7 : CONSTRUIT TON PONT		 <b>INGÉNIERIE &amp; DÉVELOPPEMENT DURABLE</b>
<b>⑦ RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX</b> <i>Objectif : Mener une expérimentation simple pour caractériser la flexion et la traction.</i>	<b>TD N°5 PARTIE 1</b>	

Matériel : Poste informatique, spaghettis non cuits, support, papier millimétré, masses, pistolet à colle.

Travail : Par binôme, en 2 heures.

### **PROBLÉMATIQUE : Comment modéliser la résistance d'un matériau ?**

La finalité de ce projet est de construire un pont en spaghetti le plus résistant possible. Avant cela, plusieurs études sont nécessaires...



Dans un premier temps, vous allez pratiquer des essais de flexion et de traction sur un spaghetti afin de pouvoir déterminer les paramètres d'une modélisation de résistance des matériaux.

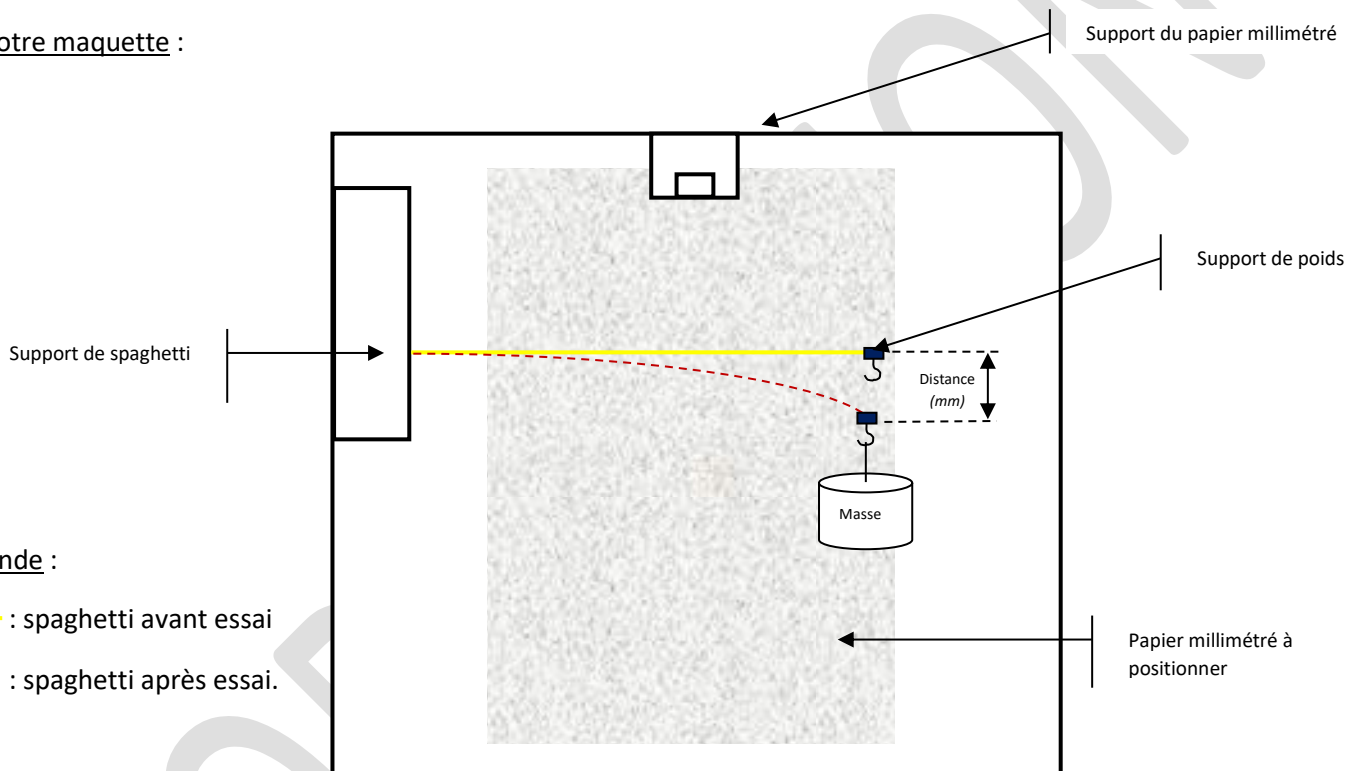
Dans le répertoire ressources de votre classe, regarder la vidéo suivante : « Rupture d'un spaghetti.mp4 ».

### **SOMMAIRE DES ESSAIS À RÉALISER AU PRÉALABLE**

- ✓ ESSAI N°1 : Déformation en flexion avec encastrement ..... p. 2 et 3
- ✓ ESSAI N°2 : Déformation en flexion sur 2 appuis ..... p. 4 et 5
- ✓ ESSAI N°3 : Déformation et résistance en traction ..... p. 5 et 6
- ✓ ESSAI N°4 : Différentes sections de droites en flexion et traction ..... p. 7
- ✓ ESSAI N°5 : Introduction au flambage ..... p. 8

Votre matériel :

- ✓ Un support rigide + un dispositif de fixation des matériaux + du papier millimétré.
- ✓ Des masses de 0,50g à 3g + des spaghettis non cuits.
- ✓ Un ballon de baudruche pour les masses + un pistolet à colle.


Votre maquette :Légende :

- : spaghetti avant essai
- - - : spaghetti après essai.

1) Réaliser le schéma ci-dessus à l'aide du matériel qui est à votre disposition.

2) Compléter le **document réponse n°1** de la page suivante.

3) Visualiser la vidéo « *modelisationdunspaghettienflexion.wmv* ».

Ensuite, lancer le logiciel RDM à l'aide de l'icône :  Flexion.exe

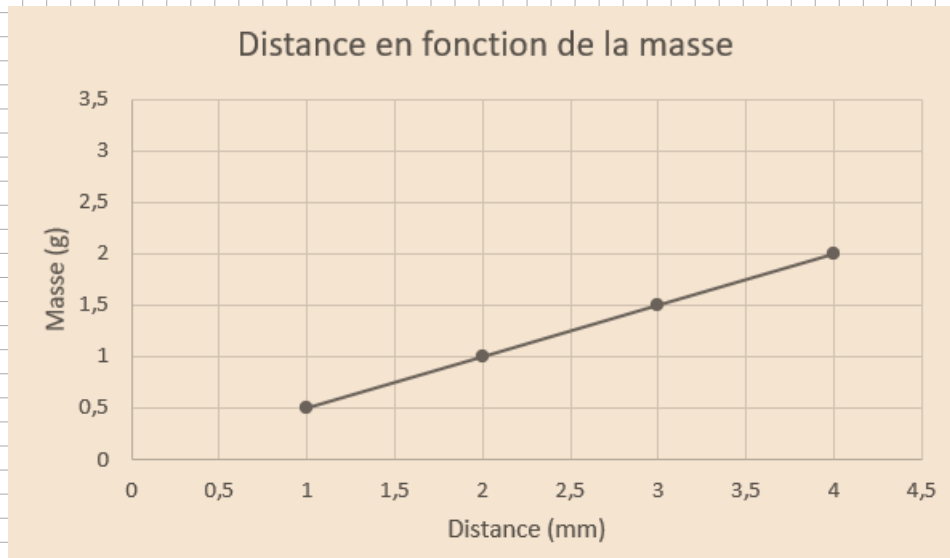
4) Au fur et à mesure, compléter les données afin d'obtenir l'image de la déformation du spaghetti sur le **document réponses n°1** et sur le logiciel.

# DOCUMENT RÉPONSE N°1

- Mettre très prudemment les masses. La masse minimale est de 0,50g. Ajouter à chaque fois 0,50g. Pour chaque nouvelle masse, noter la position de l'extrémité du spaghetti, jusqu'à sa rupture.

Masse (g)	0,50	1	1.5	2	2.5	3	-	-	-	
Distance (mm)	1	2	3	4	x	x	-	-	-	

- Au moment de la rupture du spaghetti, quelle était la masse en Gramme ? 2 g  
Et en Kilogramme ? 0.002 g  
Et en Newtons ? 0,01962 N
- Tracer la courbe de la distance en fonction de la masse. Choisir une échelle appropriée.



- Noter les résultats du logiciel RDM.

<b>Abscisse</b> Nœud 1 (cm) : ..... Nœud 2 (cm) : .....	<b>Matériau</b> Nom du matériau : ..... Module de Young (MPa) : ..... Masse volumique (Kg/m <sup>3</sup> ) : ..... Limite élastique (MPa) : .....
<b>Rond plein</b> Diamètre (mm) : .....	
<b>Force nodale</b> Fy (N) : .....	

Nota : pour la force nodale mettre la valeur du poids que vous avez relevé par expérience à la rupture du spaghetti (1 kg = 1000g = 10 N).

- Comparer le résultat obtenu sur le logiciel avec le résultat du premier essai sur la maquette.

.....

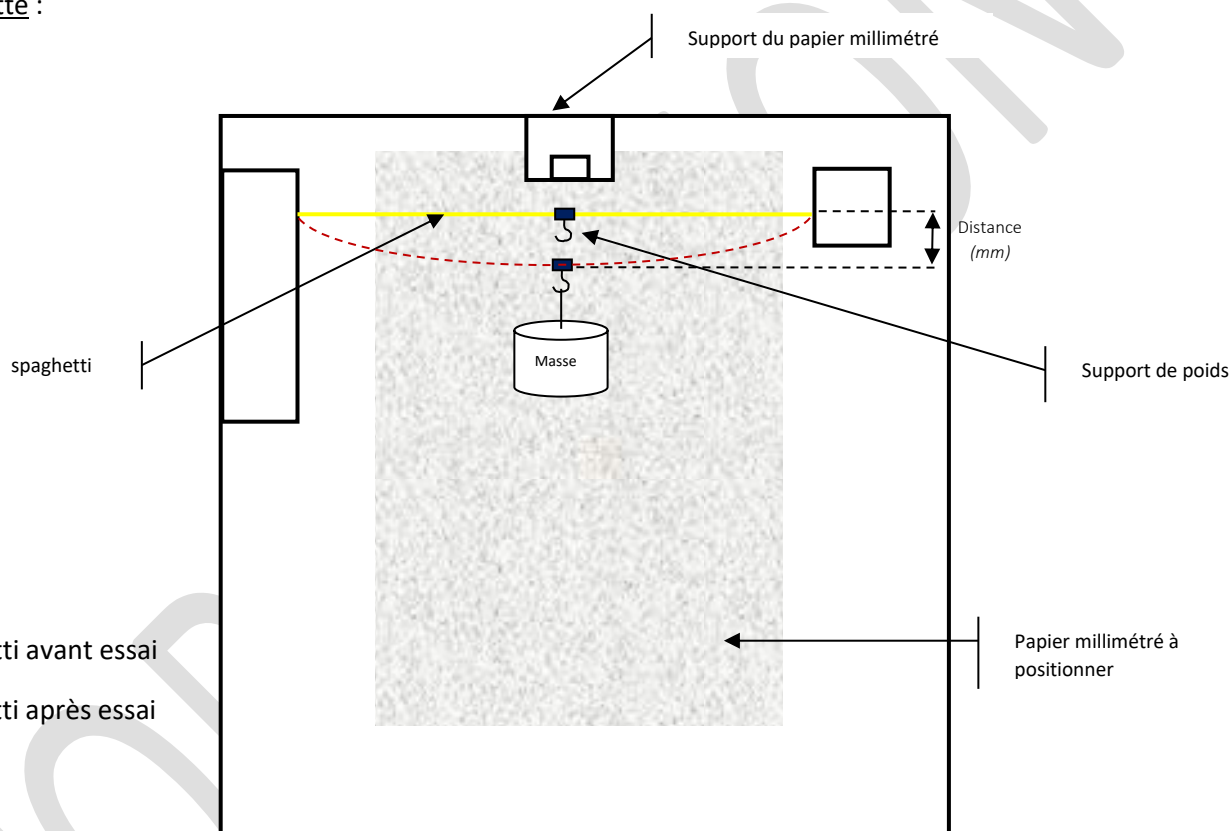
.....

.....



Votre matériel :

- ✓ Un support rigide + 2 dispositifs de fixation des matériaux + du papier millimétré.
- ✓ Des masses de 0,50g à 3g + des spaghettis non cuits.
- ✓ Un ballon de baudruche pour les masses + un pistolet à colle.


Votre maquette :Légende :

— : spaghetti avant essai

- - - : spaghetti après essai

1) Réaliser le schéma ci-dessus à l'aide du matériel qui est à votre disposition.

2) Compléter le **document réponse n°2** de la page suivante.

3) Lancer le logiciel RDM à l'aide de l'icône :  Flexion.exe

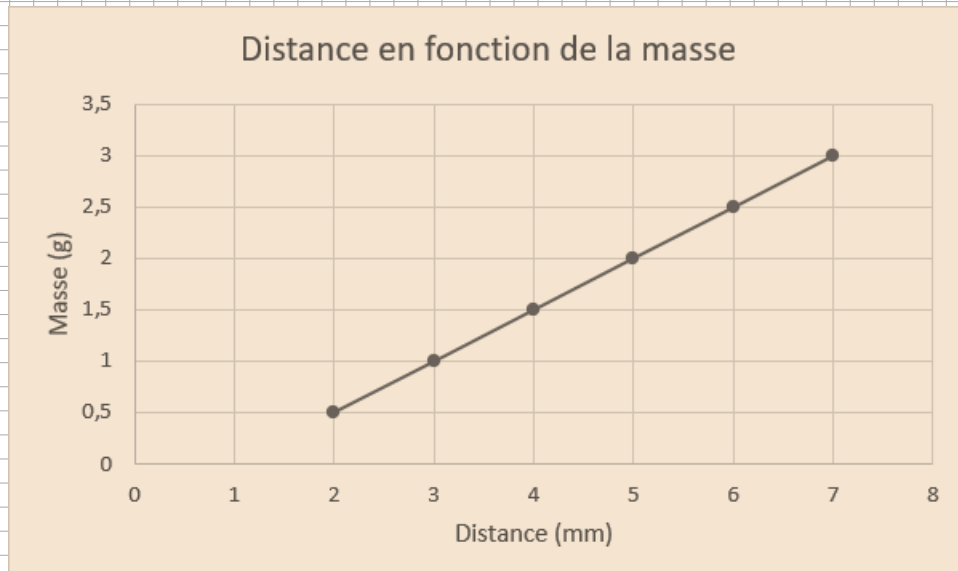
4) Au fur et à mesure, compléter les données afin d'obtenir l'image de la déformation du spaghetti sur le **document réponses n°2** et sur le logiciel.

## DOCUMENT RÉPONSE N°2

- Mettre très prudemment les masses. La masse minimale est de 0,50g. Ajouter à chaque fois 0,50g. Pour chaque nouvelle masse, noter la position de l'extrémité du spaghetti, jusqu'à sa rupture.

Masse (g)	0,50	1	1.5	2	2.5	3	-	-	-
Distance (mm)	2	3	4	5	6	7	-	-	-

- Au moment de la rupture du spaghetti, quelle était la masse en Gramme ? 3 g  
Et en Kilogramme ? 0.003 kg  
Et en Newtons ? 0,02943 N
- Tracer la courbe de la distance en fonction de la masse. Choisir une échelle appropriée.



- Noter les résultats du logiciel RDM.

<b>Abscisse</b> Nœud 1 (cm) : ..... Nœud 2 (cm) : .....	<b>Matériau</b> Nom du matériau : ..... Module de Young (MPa) : ..... Masse volumique ( $Kg/m^3$ ) : ..... Limite élastique (MPa) : .....
<b>Rond plein</b> Diamètre (mm) : .....	
<b>Force nodale</b> $F_y$ (N) : .....	

Nota : pour la force nodale mettre la valeur du poids que vous avez relevé par expérience à la rupture du spaghetti ( $1\text{ kg} = 1000\text{g} = 10\text{ N}$ ).

- Comparer le résultat obtenu sur le logiciel avec le résultat du premier essai sur la maquette.

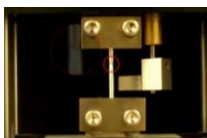
.....

.....

.....

Votre matériel :

- ✓ Un ordinateur,
- ✓ Les données précédentes,
- ✓ Le logiciel RDM.



**1)** Dans le répertoire ressources de votre classe, regarder la vidéo suivante : « Essai de traction sur de l'acier.mp4 »

**2)** Vous devez visualiser la vidéo : « modelisationdunspaghettientraction.wmv ».

**3)** Lancer le logiciel RDM à l'aide de l'icône :



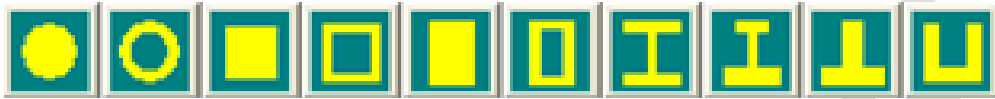
**4)** Imprimer et coller vos résultats ci-dessous :

**DOCUMENT RÉPONSE N°3**

**RÉPONSE SELON ÉLÈVE**

À la prochaine séance, lorsque vous allez construire votre pont, vous allez pouvoir assembler plusieurs spaghettis pour obtenir la section droite de votre choix.

Exemples de sections droites réalisables en assemblant des spaghettis côte à côte :



1) À l'aide du logiciel RDM, paramétrez votre étude en testant différentes formes et dimensions de la section droite (*en flexion et en traction*). Observez l'effet obtenu sur les contraintes dans cette section.

2) Proposez une solution réalisable la plus simple permettant d'obtenir la meilleure résistance. Compléter le document réponse n°4 ci-dessous :

DOCUMENT RÉPONSE N°4

RÉPONSE SELON ÉLÈVE

1) Dans la réalité, que se passe-t-il quand le spaghetti est trop fin par rapport à la charge en compression ?

Rupture plus rapide.

2) Lorsqu'il y a flambage, à votre avis le spaghetti va-t-il supporter la même charge avant de casser ?

Non.

3) Proposer une solution sur le document réponse n°5 ci-dessous, permettant d'éviter ce phénomène pour les éléments de votre pont qui seront soumis à de la compression.

DOCUMENT RÉPONSE N°5

RÉPONSE SELON ÉLÈVE

## SÉQUENCE N°7 : CONSTRUIT TON PONT

### ⑦ RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX

*Objectif : Créer à partir d'éléments standard des structures assurant les fonctions attendues.*

TD N°5  
PARTIE 2



INGÉNIERIE &  
DÉVELOPPEMENT  
DURABLE

Matériel : Poste informatique, spaghettis non cuits, masses, pistolet à colle.

Travail : Par équipe, en 2 heures.



### **PROBLÉMATIQUE : Qui construira le pont le plus résistant ?**

Par équipe et grâce à l'études RDM précédente, vous devez construire le pont en spaghetti le plus résistant possible. Pour cela, vous avez à votre disposition 500g de pâtes et un pistolet à colle. Votre pont sera relié à un récipient.

Celui-ci sera progressivement rempli avec de l'eau. Le pont est lesté jusqu'à ce qu'il se brise. Une fois le pont cassé, l'eau contenue dans le seau sera pesée.

Avant de vous lancer dans la construction de votre pont, vous devez :

#### 1) Lire le règlement :



- La structure du pont est laissée au choix.
- Elle doit être bien sûr réfléchie à l'avance.
- Le pont sera jugé sur deux critères : la solidité + le poids supporté.

#### 2) Constituer une équipe de 3 ou 4 élèves.

NOM 1	NOM 2	NOM 3	NOM 4

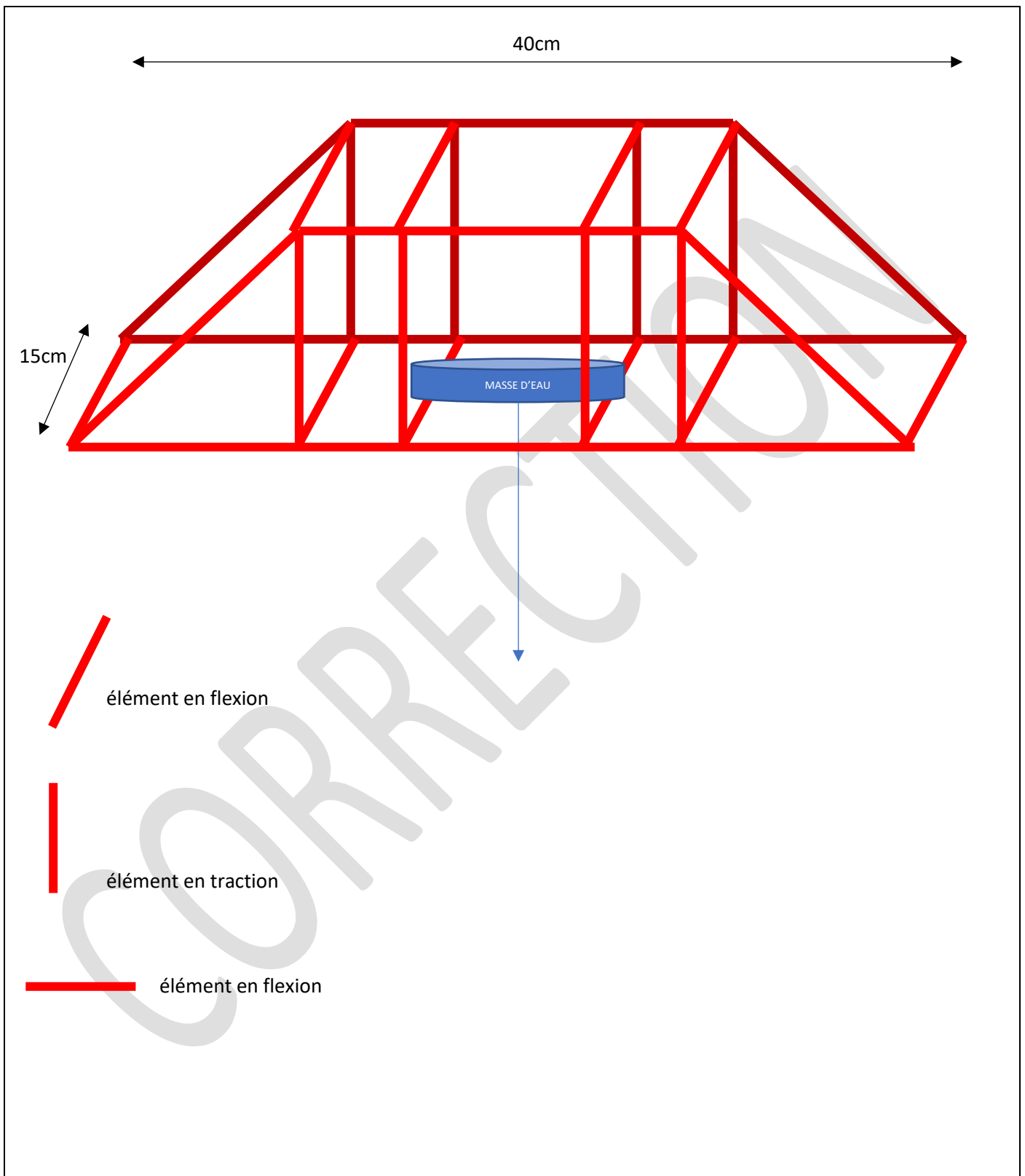
#### 3) Respecter le cahier des charges :

- Le pont doit reposer entre deux supports séparés d'une longueur de 40 cm.
- Le pont ne peut pas être attaché aux tables.
- Sa largeur devra être comprise entre 12 et 15 cm.
- La quantité maximale de pâtes pouvant être utilisée est de 500g.
- Les spaghettis et la colle seront mis à la disposition des élèves.
- Les spaghettis ne pourront pas être soumis à un traitement quelconque.
- L'utilisation de solidifiant type vernis est interdit.
- Une plaque percée de 9 x 9 cm est placée sur le tablier, prévoir un espace.
- Un fil relie la plaque à un récipient installé sous le pont, un passage pour le fil.



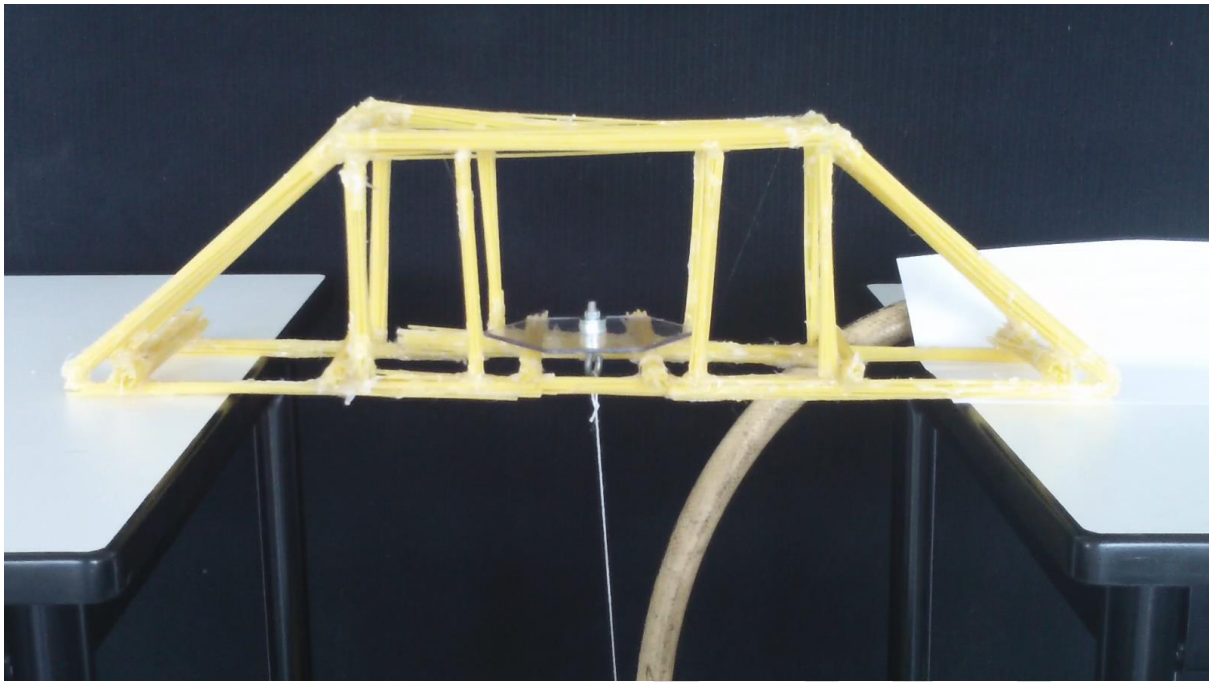


4) Réalisez un croquis de votre futur pont en indiquant les éléments qui seront soumis à de la traction, de la flexion ou de la compression avec risque de flambage. Aussi, indiquez les solutions que vous envisagez pour obtenir la meilleure résistance dans chacune des zones soumises à ces contraintes.



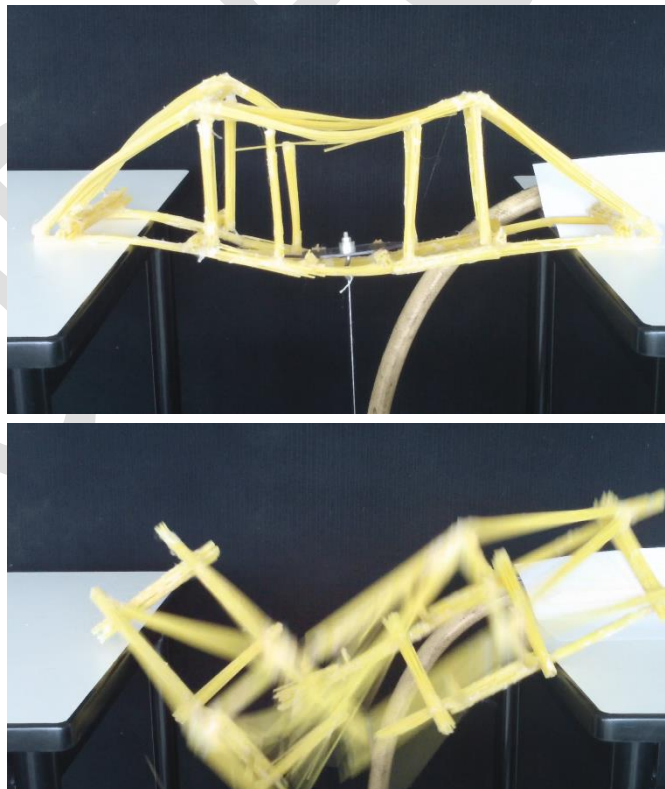
5) Photographie de votre pont avant la rupture.

Grammes de spaghettis utilisés : .....



6) Photographie de votre pont avant la rupture.

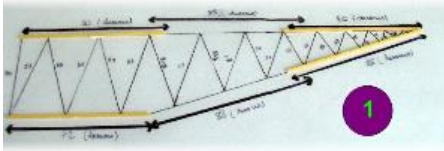
Masse d'eau maximum supportée : .....



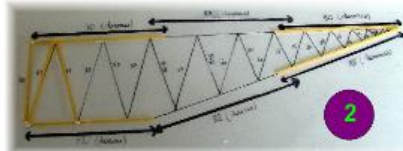
6) Grâce à votre expérimentation et à celle de vos camarades, proposez des pistes d'améliorations pour rendre une structure plus résistante. Vous pouvez utiliser des croquis légendés pour répondre à cette question.

--	--	--

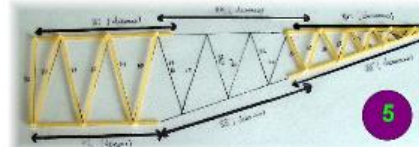
1-coller les spaghettis sur le transparent



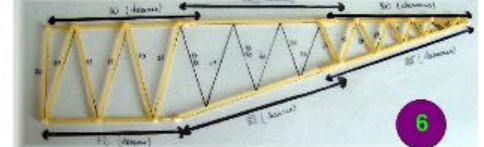
2 et 3 -coller les spaghettis de la partie gauche selon le treillis tracé



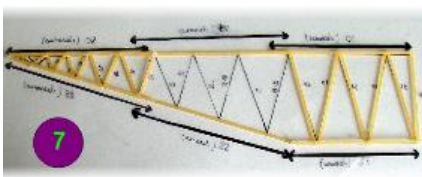
4 et 5 -coller les spaghettis de la partie droite selon le treillis tracé



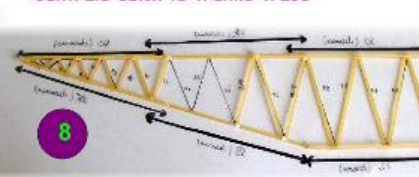
6 - coller les deux spaghettis du centre pour relier la partie gauche et la partie droite en veillant à superposer les spaghettis sur 1cm



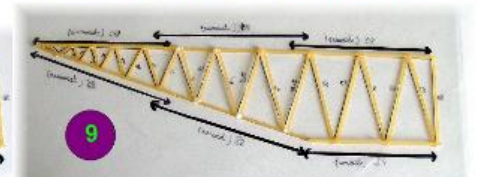
7 - après séchage, retourner la structure



8- coller les spaghettis de la partie centrale selon le treillis tracé



9 - le travail est terminé, laisser sécher



CORRECT

## SÉQUENCE N°7 : CONSTRUIT TON PONT

### ÉVALUATION SOMMATIVE (1 heure)



INGÉNIERIE &  
DÉVELOPPEMENT  
DURABLE

Nom : .....

Prénom : .....

Classe : .....

Date : .....

**NOTE :**                /20

Commentaire :



Cette évaluation se base sur les deux ponts normands, visités lors de la sortie scolaire :

- Pont de Normandie,
- Pont de Tancarville.

Pour rappel, ces deux ponts sont situés proche de la ville du Havre et permettent de franchir la Seine.

### TYPOLOGIE DES PONTS

/6 points

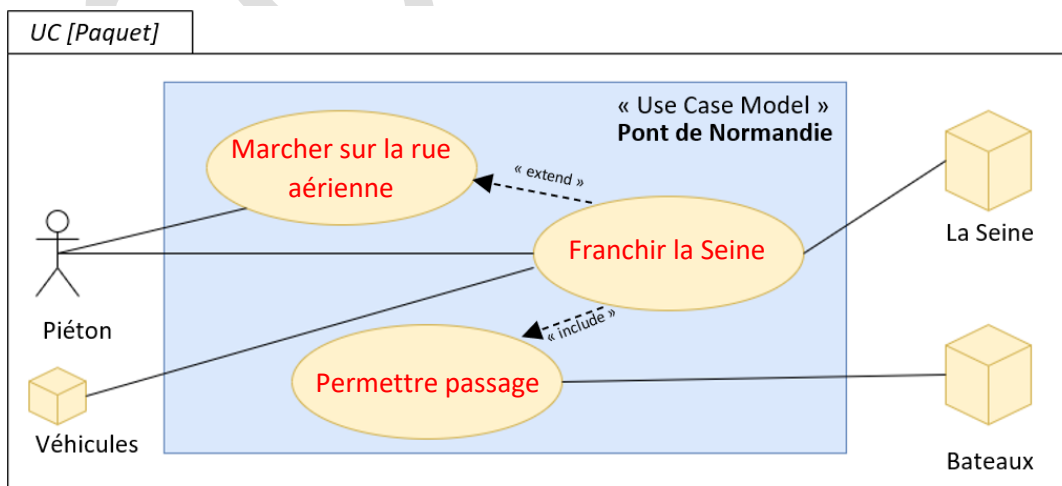
1) À quels besoins répond le Pont de Normandie et le Pont de Tancarville ?

/1

Ils rendent service aux piétons et aux véhicules. Ils agissent sur la fluidité de la circulation. Leur fonction principale est de franchir un obstacle, ici la Seine. Le but est d'améliorer le temps d'un itinéraire.

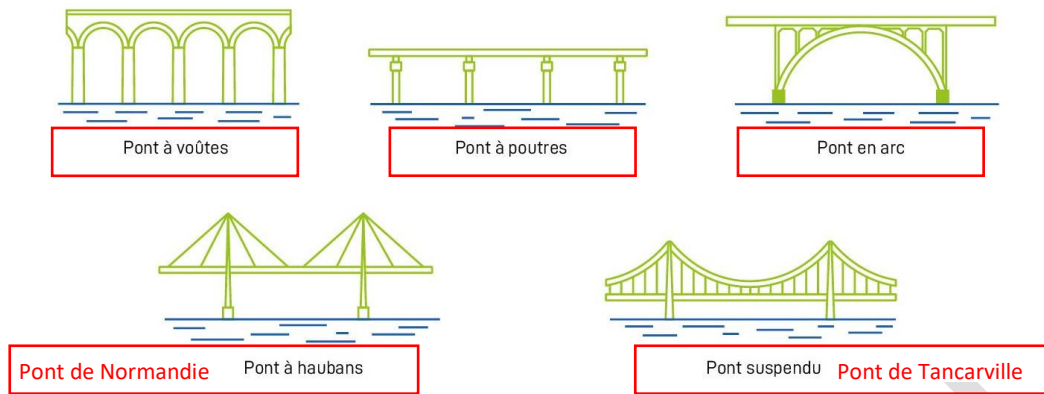
2) Compléter le SYSML du Pont de Normandie.

/1



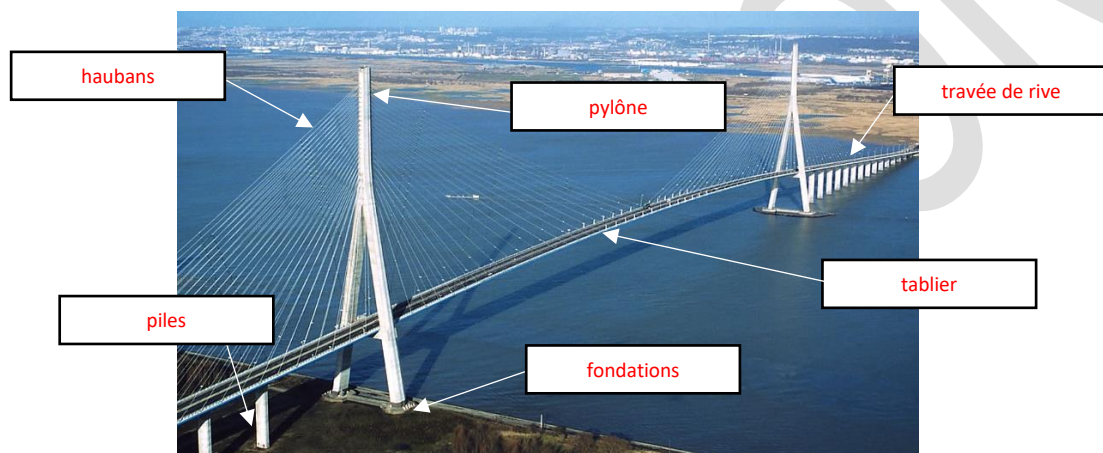
3) Compléter le nom des ponts. Lesquels correspondent au Pont de Normandie et de Tancarville ?

/2



4) Compléter le vocabulaire ci-dessous, correspondant au Pont de Normandie.

/2



## COMPORTEMENT DES MATÉRIAUX

/7 points

5) Comment sont classés les matériaux ? Et comment les choisir ?

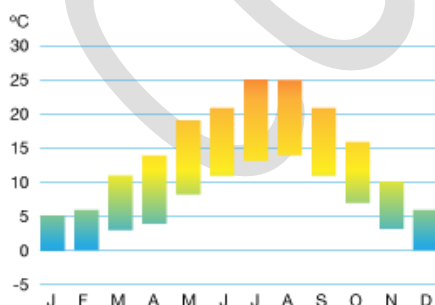
/1

En 4 familles : ferreux, organiques, minéraux et composites.

Il faut les choisir en justifiant leur usage, leur aspect environnemental et leur coût.

6) Ci-dessous est représenté le graphique de températures de la région de Normandie.

/2



Quelles conclusions pouvons-nous tirer quant à la réaction des soupentes des ponts normands ?

Les suspentes vont être soumises à des variations de températures extrêmes. Sous l'effet de la chaleur, elles vont se dilater, ses dimensions augmenteront. Et sous l'effet du froid, elles se contracteront, ses dimensions diminueront.

7) D'après Ouest-France, 21 730 véhicules en moyenne passent sur le Pont de Normandie par jour, contre 18 850 véhicules pour le Pont de Tancarville. Comment va se comporter leur tablier face à ces charges ?

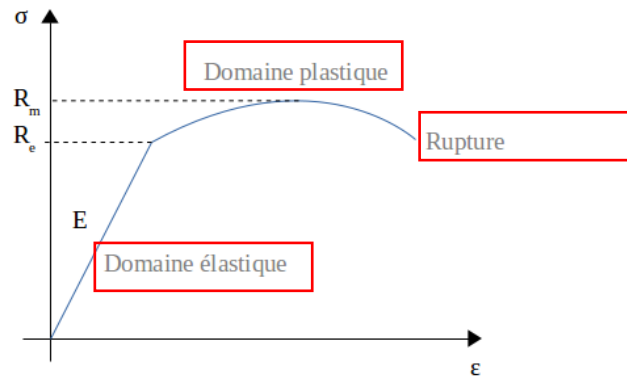
/2

Le matériau utilisé pour construire leur tablier va subir une déformation. Mais la plupart des matériaux ont une caractéristique appelée « l'élasticité ». C'est le fait de reprendre leur forme et leurs dimensions primitives après une déformation généralement faible. S'il dépasse cet état, il passe dans le domaine plastique puis la rupture.



8) Compléter la légende du graphique ci-dessous qui illustre votre réponse précédente

/2



MÉCANIQUE DES STRUCTURES

/7 points

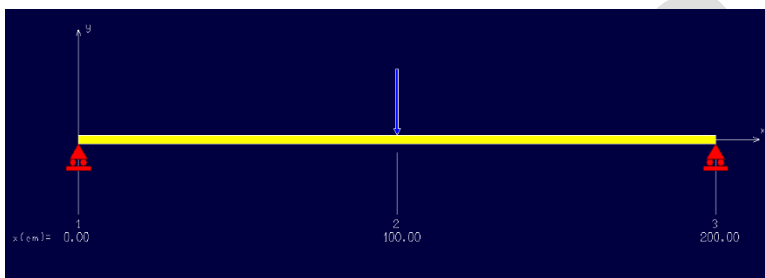
9) Que permet le logiciel RDM ?

/1

C'est un logiciel de simulation « Résistance Des Matériaux ». Il peut calculer les déformations sur une poutre.

10) Expliquer la modélisation ci-dessous. Que représente-t-elle ?

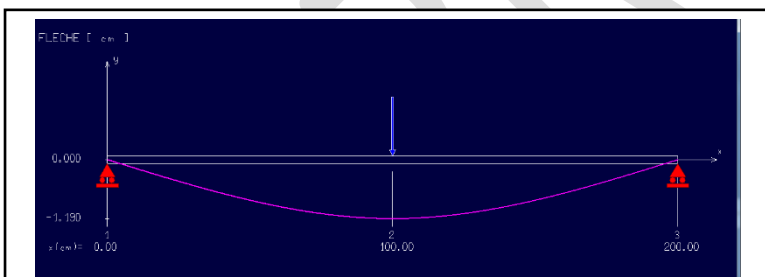
/2



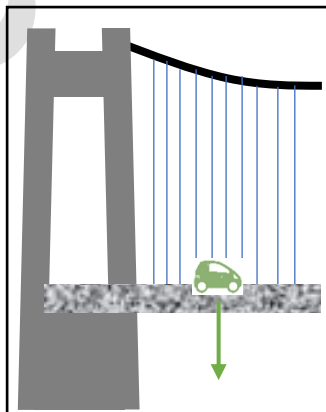
Le logiciel simule un élément porteur horizontal de 200cm. Cet élément est entre 2 appuis simples. Une charge est appliquée en son centre.

11) Dessiner le résultat possible de la modélisation ci-dessus. Et expliquer-la.

/2



Lorsque la force en Newton est appliquée au centre, on peut apercevoir que la poutre se déforme. Cette déformation est appelée « la flèche ». Elle fait quelques centimètres.



12) Dans le cas d'une étude simplifiée où les suspentes portent toutes cette partie du tablier de la même façon, calculer le poids maximal de l'ensemble supporté par les 10 suspentes. Sachant que la masse à supporter est d'environ 200kg.

/2

$$P = m \times g$$

$$[N] = [kg] \times [m/s^2]$$

$$P = 200 \times 9.81$$

$$P = 1\,962 \text{ kN}$$

→ Les 10 suspentes doivent être capable de supporter 1962kN