

Sergio Antonio Torres Escobar	logout	cours	myFolder	aide
-------------------------------	--------	-------	----------	------

-> glossaire

Contact - Questions -

Commentaire 

Test12 enregistré et rendu

Nom :	Torres	
Prénom :	Sergio	
SCIPER :	184780	89
Série :	E002	
Code Feuille :	MGBWA	Code place : 7592
No de confirmation :	T12E002-E78-03186	
Code de confirmation :	4857-A9C6-30F3-0259	
N'oubliez pas de signer votre feuille !		

Test 1

A LIRE AVANT DE COMMENCER LE TEST

LA DURÉE DU TEST EST DE 90 MINUTES. IL N'EST PAS PERMIS DE QUITTER LA CLASSE AVANT UNE HEURE

L'examen se compose de ce formulaire WEB, de quatre feuilles annexes, ainsi que de quatre applets.

N'OUBLIEZ PAS D'ENREGISTRER REGULIEREMENT !!!

N'utilisez qu'un seul browser (navigateur) à la fois ; si toutefois vous décidez d'en changer, n'oubliez pas d'enregistrer AVANT de quitter le premier.

N'OUBLIEZ PAS D'ENREGISTRER VOTRE TRAVAIL DANS L'APPLET (Bouton ).
Appelez un assistant si vous n'êtes pas sûr)

N'OUBLIEZ PAS D'ENREGISTRER VOS REPONSES AVANT DE QUITER LE TEST !!!

Le test comprend 72 questions et 144 points. Une indication sur le nombre de points par exercice par rapport au nombre de points total est donnée sous cette forme



Bon courage !

Exercice (1): Théorie (13 points)



Question 1: Pour une structure dans laquelle on définit par G et Q les valeurs des charges permanentes et variables et par N_{Rd} la résistance de dimensionnement, quelle équation régit la vérification de l'Etat Limite Ultime ?

- $1.5 G + 1.35 Q \leq N_{Rd}$
- $1.5 G + 1.5 Q \leq \frac{N_{Rd}}{1.35}$
- $G + Q \leq N_{Rd}$
- $G + Q \leq \frac{N_{Rd}}{1.5}$
- $1.35 G + 1.5 Q \leq N_{Rd}$

Oui, c'est juste.

Question 2: Pour dimensionner à l'Etat Limite de Service un câble soumis à un effort N , il faut connaître :

- Rien, le dimensionnement se fait toujours à l'état limite ultime parce que la rupture du câble est plus dangereuse
- L'effort N , la longueur du câble, le module d'élasticité du

- matériau et l'allongement maximum admis.
- La résistance de dimensionnement du matériau et l'effort N
 - La résistance de dimensionnement du matériau, l'effort N, les facteurs de charge et de résistance

C'est juste.

Question 3: Trois forces sont en équilibre dans le plan si :

- Elles s'annulent vectoriellement et elles sont concourantes en un point
- Elles s'annulent vectoriellement, elles sont concourantes en un point et elles sont deux à deux de sens opposées
- Elles sont concourantes en un point

C'est juste.

Question 4: Qu'appelle-t-on polygone funiculaire des charges ?

- La forme géométrique qu'un câble prendrait s'il était soumis aux charges données
- Un diagramme pour vérifier si les forces données sont en équilibre
- La forme géométrique qu'un câble prendrait s'il était soumis à une charge répartie qui a la même résultante que les charges données

C'est juste.



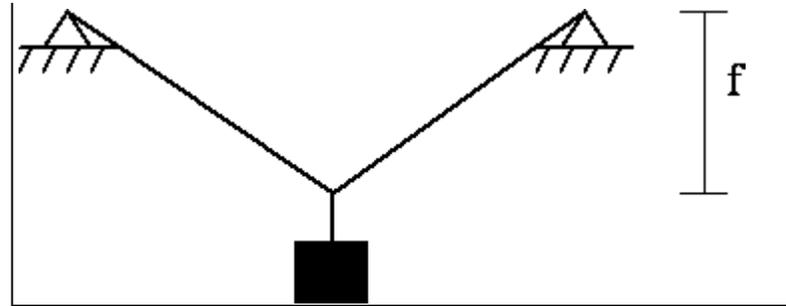


Figure 1: Câble soumis à une poids

Question 5: Que se passe-t-il si on double la flèche « f » dans la structure de la figure ?

- Les composantes verticales des efforts dans les deux tronçons du câble doublent
- Les efforts dans les deux tronçons du câble diminuent de moitié.
- Les efforts dans les deux tronçons du câble doublent
- Les composantes verticales des efforts dans les deux tronçons du câble diminuent de moitié.
- Les composantes horizontales des efforts dans les deux tronçons du câble doublent
- Les composantes horizontales des efforts dans les deux tronçons du câble diminuent de moitié.

Non, les composantes horizontales des efforts dans les deux tronçons du câble diminuent de moitié.



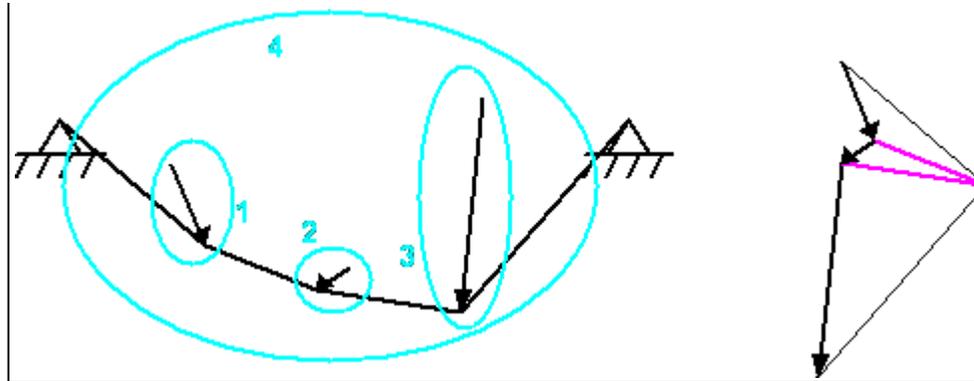


Figure 2: Câble sous plusieurs forces

Question 6: Dans la figure ci-dessus, que représente le triangle rose?

- Le polygone de forces du sous-système 3.
- Une partie du polygone funiculaire auxiliaire.
- Le polygone des forces du sous-système 2.
- Le diagramme de Cremona du câble.

C'est juste.

Question 7: Un câble assume une forme de chaînette lorsque ?

- Il est soumis à son poids propre
- Il est soumis à une charge uniformément répartie
- Il est soumis à son poids propre et à une charge uniformément répartie

C'est juste.

Question 8: Indiquer la réponse **fausse** :

- Une articulation introduit dans la structure un point fixe par

- lequel le polygone funiculaire doit impérativement passer.
- Une articulation est un élément constructif qui assure une augmentation locale de rigidité
 - Une articulation permet à deux parties d'une structure de pivoter l'une par rapport à l'autre
 - Une articulation est une interruption de la structure avec l'insertion d'un mécanisme capable de transmettre des efforts.

C'est juste.

Question **9**: A quelle famille de structures appartient la structure ci-dessous ?



- Voûte d'arêtes
- Coque
- Voûte en éventail
- Voûte en arc-de-cloître.
- Voûte en berceau

C'est juste.

Question **10**: Quelle moyen de stabilisation a été utilisé dans le pont ci-dessous (pont Napoléon-

- L'introduction d'une rotule au milieu de l'arc.
- Le remplage de la zone entre l'arc et le tablier.
- L'introduction d'une poutre de raidissement.



1863) ?

- L'augmentation de l'épaisseur de l'arc.

C'est juste.

Exercice (2) : Pont de Briare dans le Loiret (France) (34 points)



La figure 3 montre le pont sur le Canal de Briare. Cet ouvrage, fruit de la collaboration entre l'architecte Alain Spielmann et l'ingénieur Basile Baudin, mesure 86 m de long. Il a été ouvert en 1999 comme élément de l'autoroute A77 et a reçu l'année suivante le prix du "Plus bel ouvrage métallique 2000", décerné par le Syndicat de la Construction Métallique.





La figure 4 montre une élévation et la figure 5 montre une coupe simplifiée du pont de Briare.

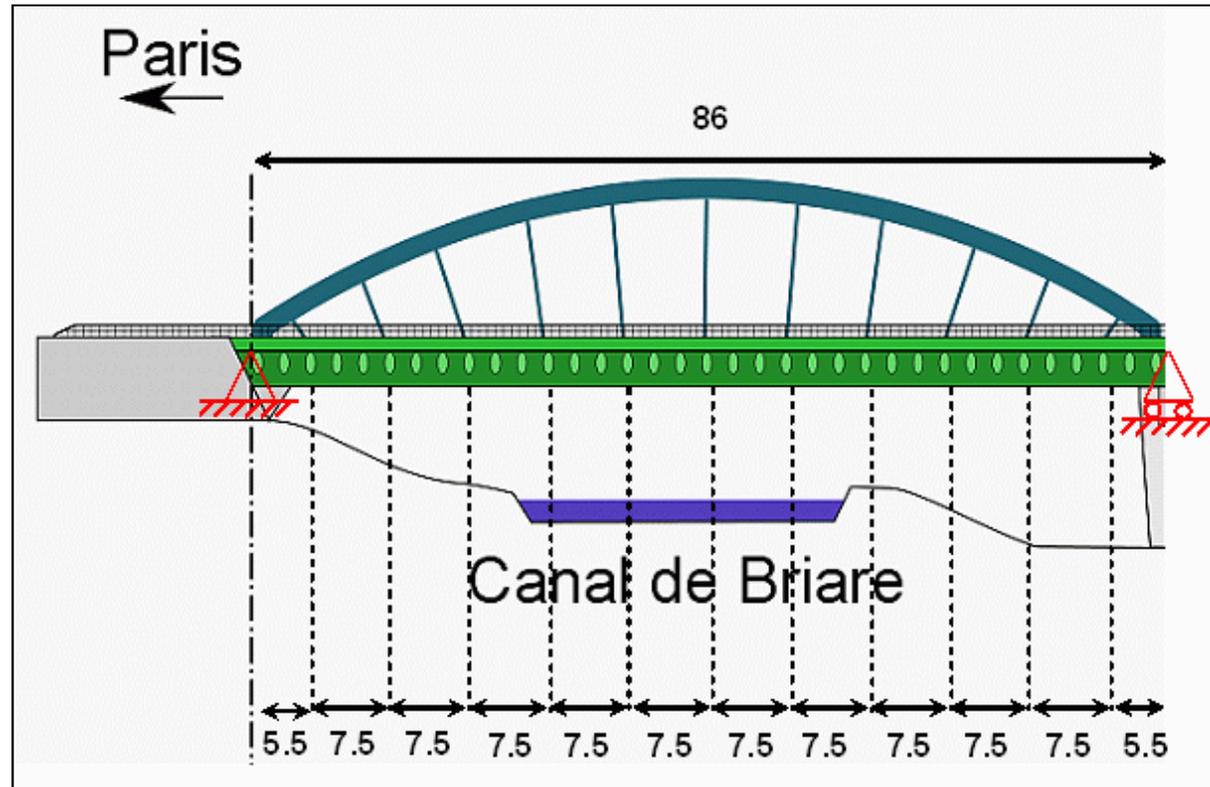


Figure 4: Elévation du pont de Briare



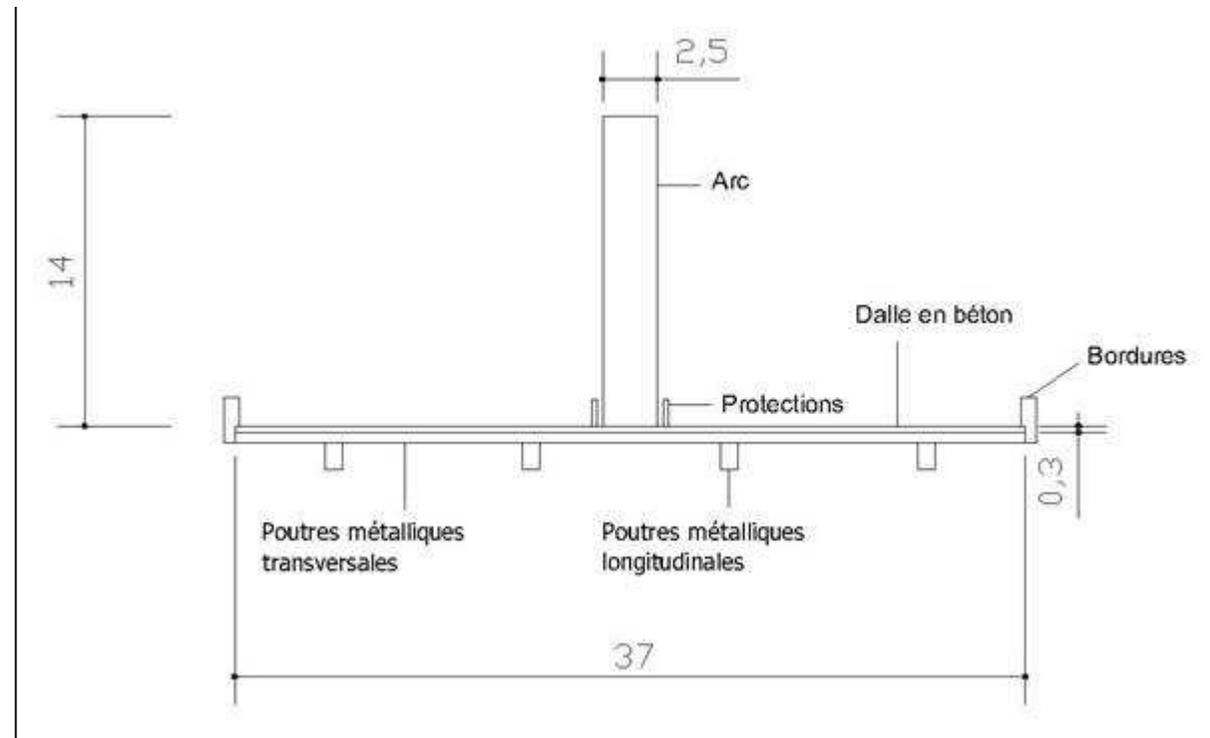


Figure 5: Coupe simplifiée du pont de Briare – Données en [m]

Hypothèses :

- le poids de la structure porteuse (arc, câbles et tablier) est admis uniformément réparti sur toute la section du tablier.
- la charge utile (poids des voitures) est supposée uniformément répartie sur l'ensemble de la largeur du pont soit 37 m.

Charges :

- Poids du tablier en béton : $g_1 = 7.5$ [kN/m²]
- Poids propre de la structure métallique (câbles y compris) : $g_2 = 200$ [kN/m]
- Charge utile : $q = 4.5$ [kN/m²]

Question **11**: Quelle est la charge de dimensionnement à l'Etat Limite Ultime [kN/m].

894.375

C'est juste. La charge de dimensionnement vaut $1.35 \times (7.5 \times 37 + 200) + 1.5 \times 4.5 \times 37 = 900$ [kN/m]

Question **12**: Le système statique longitudinal est :

- un câble.
- une voûte.
- un arc-et-câble.
- un arc.

C'est juste.

Question **13**: Les efforts dans les suspentes sont des efforts de :

- traction.
- compression.
- non sollicité.

Non, les suspentes sont tendues.

Question **14**: L'effort dans l'arc est un effort de :

- traction.
- non sollicité.
- compression.

C'est juste.

Question **15**: L'effort dans le tablier est un effort de :

- traction.
 compression.
 non sollicité.

C'est juste, le tablier est principalement tendu.

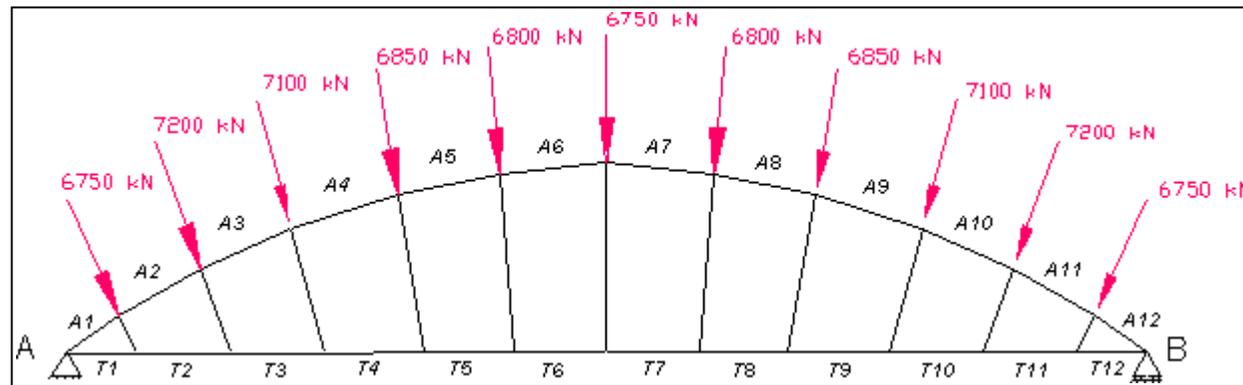


Figure **6**: Schématisation simplifiée du pont de Briare et introduction des forces dans les suspentes

A l'aide de la feuille annexe (**feuille3**) et des valeurs des efforts déjà introduits dans les suspentes, comme indiqué à la figure 6, répondez aux questions suivantes :

Question **16**: L'effort dans le tronçon **A4** est représenté par la longueur du tronçon:

O-K

C'est juste. L'effort dans le tronçon A4 vaut : -61200 [kN] et est représenté par la longueur du segment O-K 
correction

Question **17**: La composante verticale de la réaction en B vaut [kN] :

C'est juste. La composante verticale de la réaction en B vaut : 36400 [kN].  **correction**

Question **18**: L'effort dans **le tronçon T12** vaut [kN] :

C'est juste. L'effort dans le tronçon T12 vaut : 52000 [kN].  **correction**

Question **19**: J'ai répondu à la question sur la feuille annexe (**feuille 3**)

- Non
 Oui

Voir  **correction**

Question **20**: Quel est l'intérêt d'avoir un appui glissant du côté gauche du pont.

- Cela permet de reprendre la composante horizontale de l'effort de l'arc en introduisant de la compression dans le tablier du pont. Le tablier ainsi comprimé est plus apte à reprendre les charges dissymétriques.
- Cet appui permet de reprendre la composante verticale de l'arc et d'introduire la composante horizontale dans le sous-tirant.
- Les appuis glissants sont plus faciles à mettre en place et coûtent moins cher que des appuis standards.
C'est un libre choix de l'ingénieur, la statique globale de la

- structure ne change de toute façon pas selon le type d'appui que l'on utilise.

Oui, c'est ça.

Désormais, nous allons comparer les deux structures présentées sur la figure 7.

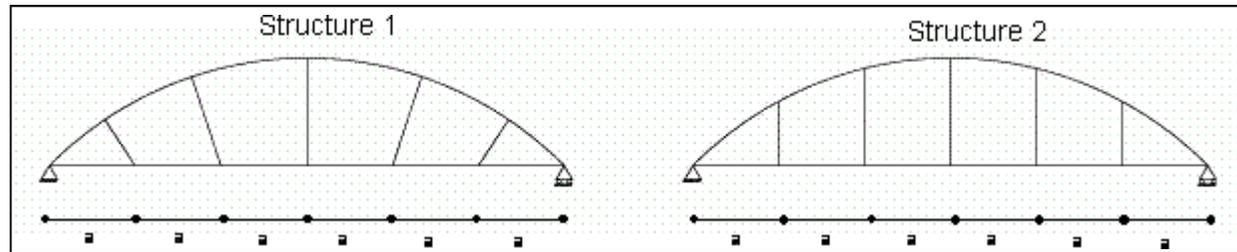


Figure 7: Ponts arcs avec suspentes inclinées (gauche) et suspentes verticales (droite)

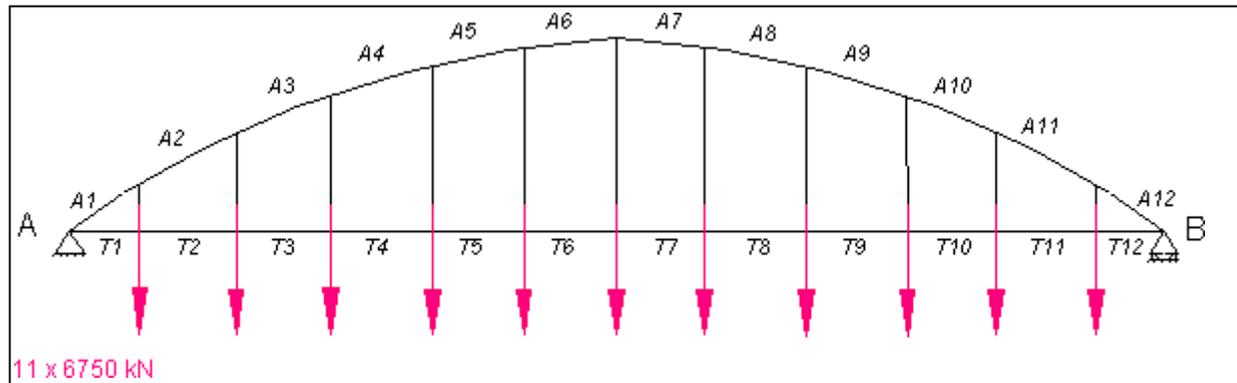


Figure 8: Alternative simplifiée du pont de Briare avec suspentes verticales et introduction des efforts dans les suspentes

- Question 21: En admettant que le poids propre des Plus grands dans la structure 1.

deux structures est identique, les efforts dans les suspentes sont :

- Identiques dans les deux structures.
 Plus grands dans la structure 2.

Non, les efforts sont plus grands dans la structure 1 du fait de l'inclinaison des suspentes.

Question **22**: En admettant que le poids propre des deux structures est identique, les efforts dans l'arc :

- Sont plus grands au sommet et plus faible aux appuis dans le cas de la structure 2 et le contraire pour la structure 1.
 Sont constants dans les deux structures, mais avec des constantes différentes dans les structures 1 et 2.
 Sont constants dans les deux structures avec les mêmes valeurs de constantes.
 Varient très peu dans le cas de la structure 1 et sont variables dans le cas de la structure 2.
 Varient dans les deux structures de la même façon.
 Sont plus grands au sommet et plus faibles aux appuis dans le cas de la structure 1 et le contraire pour la structure 2.

Non, les efforts dans l'arc varient très peu (on a presque un arc de cercle) dans le cas de la structure 1 et varient dans le cas de la structure 2.

On admet que l'arc est réalisé en béton dont la résistance de dimensionnement à la compression vaut $f_{cd} = 20$ MPa. Sa section est de 2500 par 1400mm.

Question **23**: Quelle est la valeur de l'effort maximal de compression que peut supporter cet arc [kN] ?

-5714.3

Non, c'est faux.

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$\text{donc } F_{\text{max arc}} = -20 \cdot 10^6 \times 2500 \cdot 10^{-3} \times 1400 \cdot 10^{-3} = -70000 \text{ kN}$$

A l'aide de l'applet  **Pont_Briare** et des forces indiquées, répondez à la question suivante :

Question **24**: Quelle est la valeur minimale de l'effort de compression dans la zone la plus sollicitée de l'arc, qui maintient la ligne des pressions entre les deux limites des lignes bleues [kN]?

-70212

Oui, c'est juste. L'effort minimal dans la zone la plus sollicitée de l'arc vaut environ -68500 kN. Voir  **Pont_Briare**

Question **25**: Au vu de cet effort dans la partie la plus sollicitée, les dimensions sont-elles correctes ?

- Oui, mais il faudrait diminuer la résistance du matériau.
- Oui, et on pourrait même aller jusqu'à diminuer la section de moitié.
- Non, la section est clairement insuffisante au vu des efforts agissant dans l'arc.
- Non, on ne peut pas autoriser une telle charge concentrée pour ce pont même en modifiant la section de cet arc.
- Oui. La valeur maximale de l'effort dans l'arc permet de rester en dessous de ce qu'autorisent les dimensions.

Oui, c'est juste. $f_{cd} = 20 \text{ MPa}$
 donc $F_{\text{max,cr}} = -20 \cdot 10^6 \times 2500 \cdot 10^{-3} \times 1400 \cdot 10^{-3} = -70000 \text{ kN}$ Or l'effort dans la partie la plus sollicitée valant -68500kN, les dimensions sont juste correctes.

Question **26**: J'ai enregistré mon fichier ?

- Non
- Oui

Voir l'applet  [Pont_Briare](#)

L'arc est supposé être identique à celui de la question précédente.

A l'aide de l'applet  [Pont_Briare2](#) et des forces indiquées, répondez à la question suivante :

Question **27**: Quelle est la valeur maximale de la charge concentrée que l'on peut introduire au niveau du point I ? [kN]

Non. On ne peut introduire qu'une charge complémentaire concentrée très faible (inférieure à 500 kN) en I puisque l'effort maximal de -70000 kN dans l'arc est déjà dépassé. Voir  [Pont_Briare2](#)

Exercice (3) : Conception (18 points)



Dans cet exercice, nous allons nous intéresser au cas d'un chapiteau de cirque simple formé de deux poteaux qui portent la toile et de deux rangées d'appuis au sol. Le chapiteau présenté à la figure 9 présente en plus un anneau circonférentiel ainsi que des câbles inférieurs qui viennent s'ancrer dans le sol.



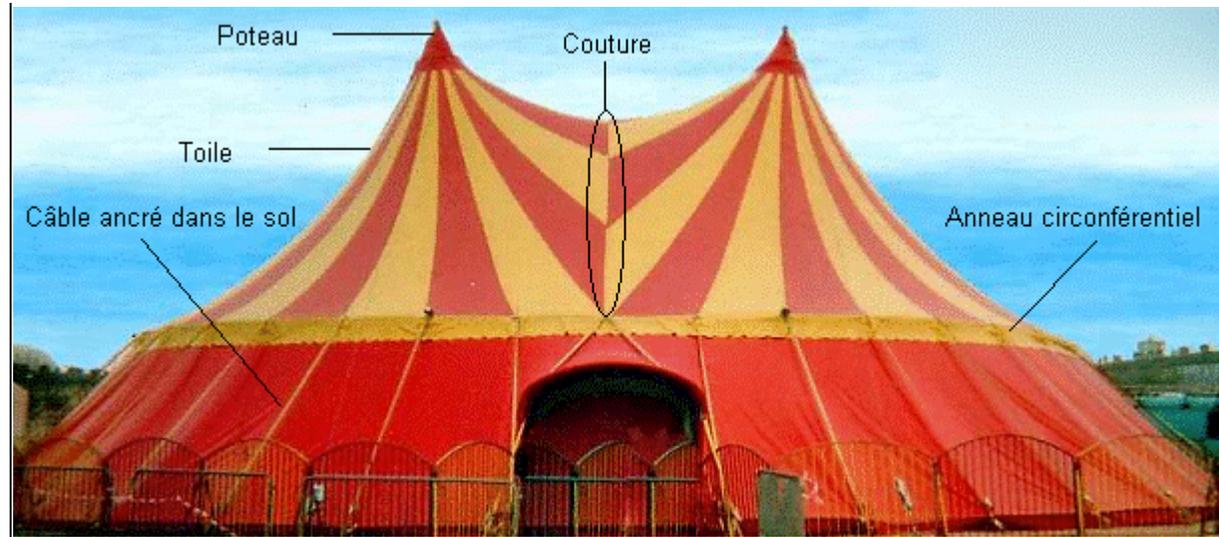


Figure 9: Vue d'ensemble d'un chapiteau

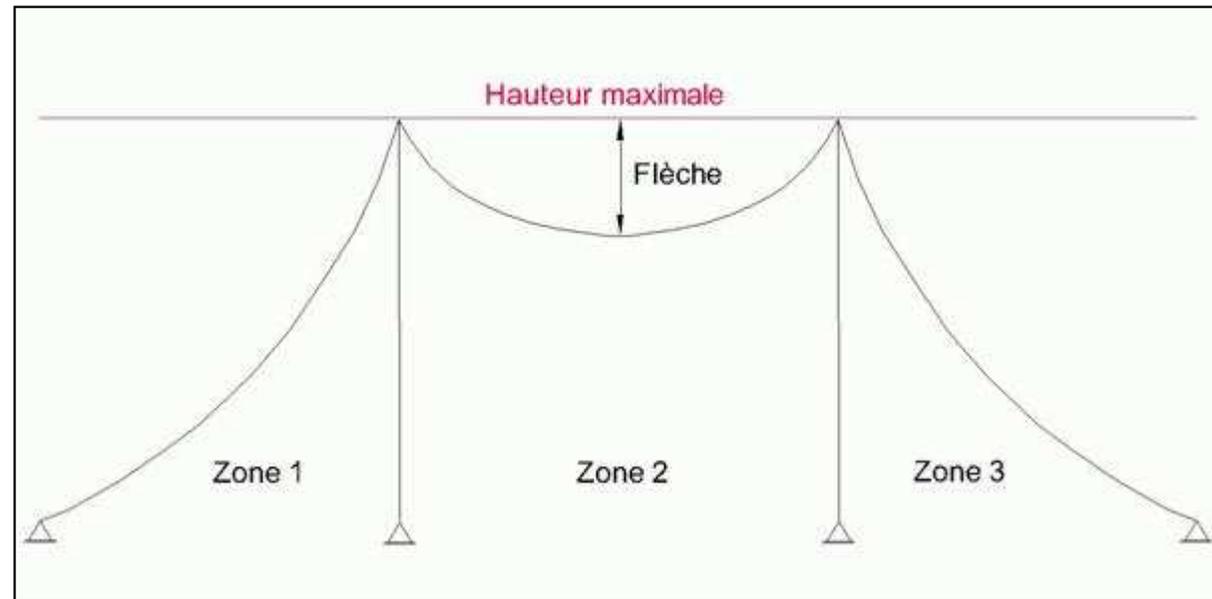


Figure 10: Schématisation simplifiée de la géométrie du chapiteau

A l'aide de l'applet  **Conception** concevez une structure qui répond aux exigences indiquées.

Question **28**: J'ai enregistré ma conception dans l'applet: Non. Oui.

Voir applet  **Conception**

Question **29**: Quel est l'effort minimal dans un des deux poteaux ? [kN]

Non. L'effort vaut -50kN. Voir applet  **Conception**

Question **30**: Pour la configuration qui donne l'effort minimal dans le poteau pour garantir les exigences citées, quel est l'effort maximal dans la toile? [kN]

Oui, c'est juste. Voir applet  **Conception**

Question **31**: Pourquoi la couture est-elle réalisée à l'endroit désigné à la figure 9 ? Car c'est ici que le polygone funiculaire est le plus bas. Car c'est ici que les efforts dans la toile sont les plus faibles. Car c'est à cet endroit que la mise en place est la plus facile. On aurait très bien pu faire la couture ailleurs avec ce même matériau.

Oui, c'est juste.

On suppose maintenant que les efforts dans chacun des poteaux, de 20 m de hauteur, valent 100 kN.

Limite d'élasticité Module d'élasticité

	[MPa]	[MPa]
Bois	20	12'000
Acier	355	200'000

Question **32**: Quelle section donner au poteau si on le réalise en bois et qu'on souhaite limiter sa déformation axiale à 2mm ? [mm²]

83333.33

Oui, c'est juste.
$$A_{nec\ bois} = \frac{N}{E \cdot \frac{\Delta l}{l}} = \frac{100 \cdot 10^3}{12000 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-3}}{20}} = 83400 \text{ mm}^2$$

Question **33**: Quelle section donner au poteau si on le réalise en acier et qu'on souhaite limiter sa déformation axiale à 2mm ? [mm²]

5000

Oui, c'est juste.
$$A_{nec\ acier} = \frac{N}{E \cdot \frac{\Delta l}{l}} = \frac{100 \cdot 10^3}{200000 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-3}}{20}} = 5000 \text{ mm}^2$$

Exercice (4): Viaduc d'Osormort (18 points)

Dans cet exercice, nous allons nous intéresser au viaduc d'Osormort en Catalogne (Espagne) construit en 1994 par Javier Manterola et Leonardo Fernández.

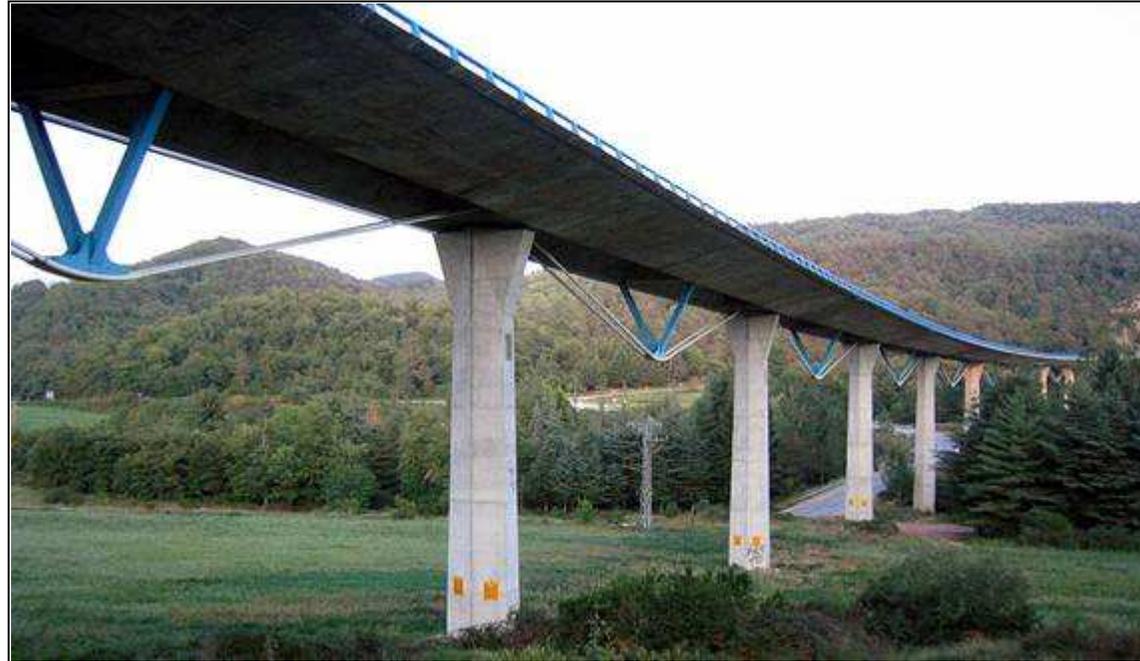


Figure **11**: Viaduc d'Osormort

Données du viaduc:

Porté centrale : 40 m

Porté latérale : 32 m

Nombre de câbles par portée : 2

Inclinaison des câbles : 13.5°

Matériaux utilisés :

Tablier : béton ($f_{cd} = 20 \text{ N/mm}^2$, $E = 30\,000 \text{ N/mm}^2$ et $\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$)

Câbles : acier ($f_{sd} = 1520 \text{ N/mm}^2$, $E = 195\,000 \text{ N/mm}^2$ et $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$)

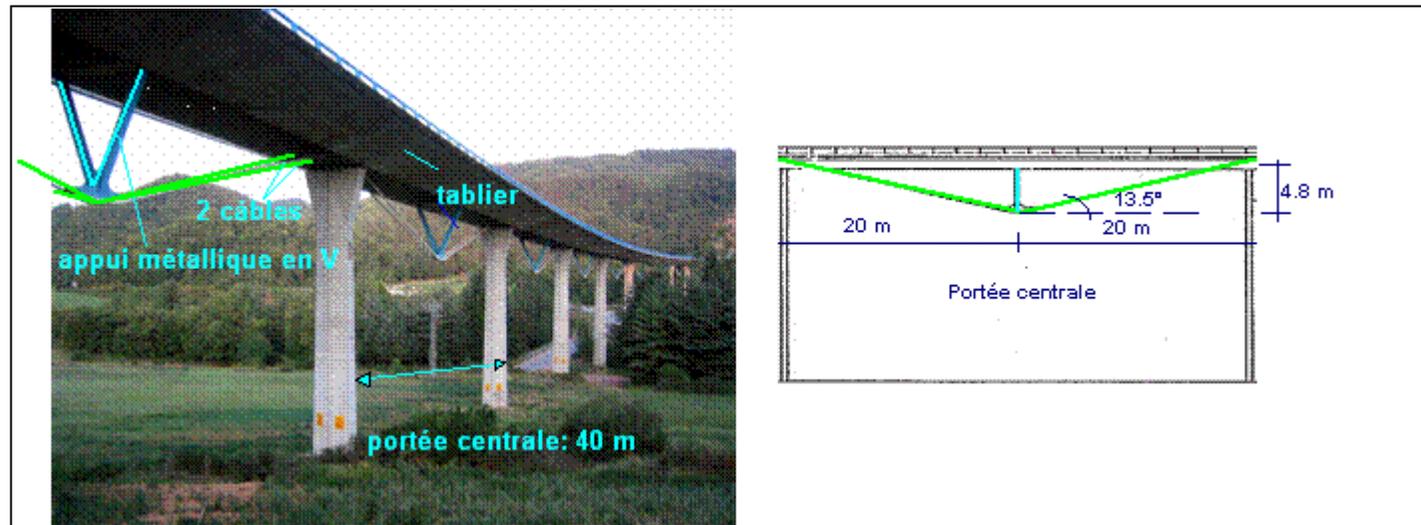


Figure 12: Géométrie et dimension

En raisonnant sur le système présenté à la figure 12, pour les différents éléments structuraux constituant ce viaduc, indiquer le type de sollicitation présente :

Question 34: Câbles :

- Traction
- Compression
- Aucune sollicitation

C'est juste.

Question **35**: Appui en « V » ?

- Traction
- Aucune sollicitation
- Compression

C'est juste.

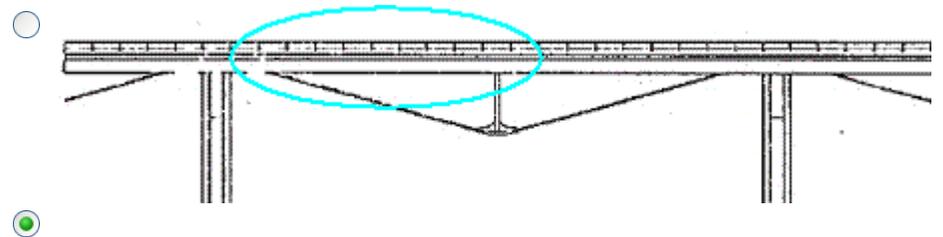
Question **36**: Tablier ?

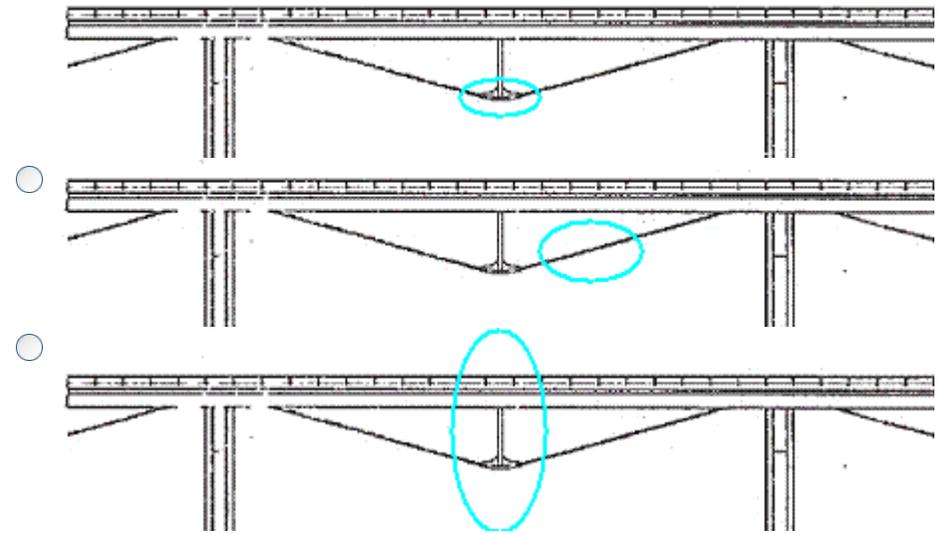
- Compression
- Aucune sollicitation
- Traction

C'est juste

En supposant que les charges transmises à l'appui métallique en forme de « V » peuvent être considérés comme une charge concentrée (flèche noire dans figures suivantes), répondre aux questions suivantes.

Question **37**: En admettant que l'effort dans l'appui en « V » est connu, quel sous-système faut-il utiliser pour déterminer les efforts dans les câbles ?





C'est juste

La section transversale est formée de deux poutres triangulaires évidées et reliées comme le montre la figure 13. Les évidements sont faits au moyen de trois trous de forme circulaire le long des poutres. Le long des bords, deux barrières, pour lesquelles on peut considérer une charge répartie de **3 kN/m** pour chacune, sont disposées. On admet que la charge utile vaut **4 kN/m²**

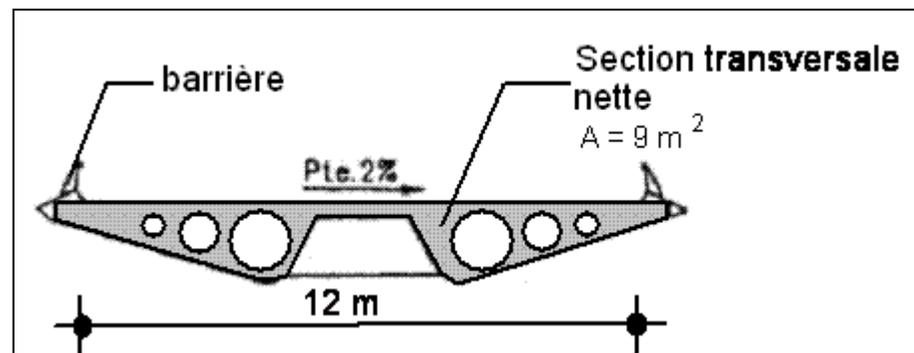


Figure 13: Section transversale du viaduc d'Osormort

La **section nette du tablier** vaut **9 m²**.

Question **38**: Quelle est la valeur de la charge permanente (tablier plus barrières) [kN/m] ?

22506

Non, la valeur est : $g = 9 \times 25 + 2 \times 3 = 231 \text{ kN/m}$

On suppose dans ce qui suit que l'appui en « V » sollicite les 2 câbles avec un effort de dimensionnement de 4600 kN.

Question **39**: Quelle est la valeur de l'effort de dimensionnement dans un des câbles [kN] ?
(Remarque : utiliser une construction graphique)

30000

Non, la valeur est : 4930 kN

Les câbles servent à éviter que le point central du tablier se déplace vers le bas lorsqu'il est soumis aux charges permanentes. Pour cela on suppose que chaque câble d'une portée centrale doit être prétendu avec une force de **5900 kN** mais la contrainte doit être limitée à une valeur de dimensionnement de **1240 N/mm²**.

Question **40**: Quelle est la section de câble nécessaire [mm²] ?

4758

C'est juste, la valeur de la surface est : $5900000/1240 = 4760 \text{ mm}^2$

Lors de la mise en tension des câbles, ceux-ci s'allongent.

Question **41**: Calculer la déformation ε d'un câble.

C'est juste.

Question **42**: Sur l'effet de charges variables (trafic routier) chaque câble sur une travée de 40 m subit un allongement de 20 mm. Quelle est l'augmentation de contrainte dans chaque câble qui en dérive [N/mm^2] ?

Vous n'avez pas répondu à cette question. La bonne réponse est **94.8**.

La longueur des portées latérales est égale à 80% de la portée centrale : 32 m. On admet que la charge reprise par l'appui métallique en forme de V dans la portée latérale est la même que celle de la portée centrale.

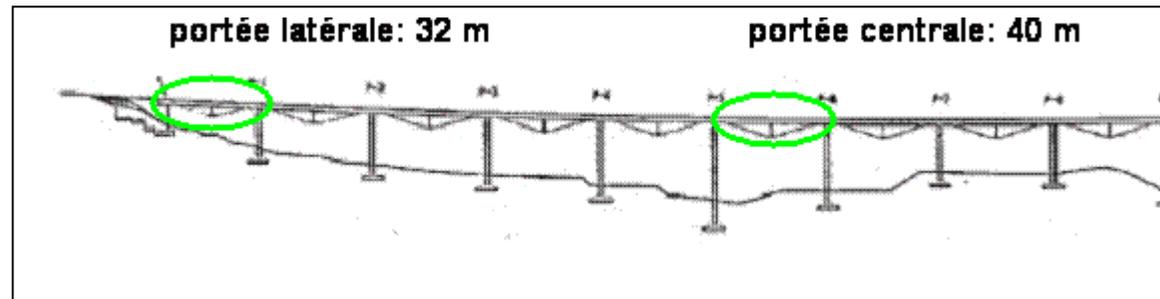


Figure **14**: Vue longitudinale - Désignation des portées

Question **43**: Que faut-il faire pour garder les Augmenter la rigidité du tablier de 20%

mêmes efforts dans les câbles des ces portées latérales ?

-
- Utiliser des câbles avec rigidité à la flexion
- Utiliser plusieurs câbles combinés avec des formes différentes
- Diminuer la flèche des câbles de 20 %
- Diminuer la charge permanente du pont dans les portées latérales de 0.8 fois
- Ajouter des masses aux câbles inférieurs avec un écartement constant dont la somme est le 20% de la masse du tablier

Non, la réponse juste est : diminuer la flèche des câbles de 20 %

Exercice (5) : Théorie (23 points dont 14 pour les feuilles)



Figure 15: Coupole du Reichstag à Berlin – Allemagne - 1999 – N.Foster (Arch.), Leonhart (Ing.)

Contact - Questions -
Commentaire 
Mise à jour : 17.02.09 14:02

Question **44**: On considère la coupole du Reichstag de la figure 15 :

- Les méridiens et les parallèles sont comprimés, comme dans toutes coupoles.
- Les méridiens et les parallèles sont tendus.
- Les méridiens sont comprimés, les parallèles sont tendues en haut et comprimées en bas.
- Les méridiens et les parallèles sont comprimés en haut et tendus en bas.
- Les méridiens et les parallèles sont tendus en haut et comprimés en bas.
- Les méridiens sont comprimés, les parallèles sont comprimées en haut et tendues en bas.

Non, les méridiens sont comprimés, les parallèles sont comprimées en haut et tendues en bas.



Figure **16**: Centre des Nouvelles Industries et Technologies - 1958 - Paris - R.Camelot, J. De Mailly, B. Zehrfuss (Arch.), N. Esquillan (Ing.)

Question **45**: On considère la structure du CNIT

- D'une voûte en éventail

représentée à la figure 16. Il s'agit

- D'un arc-et-câble
- D'une voûte d'arêtes
- D'une voûte en berceau
- D'une série d'arcs concaténés
- D'une coupole

Oui, c'est juste.

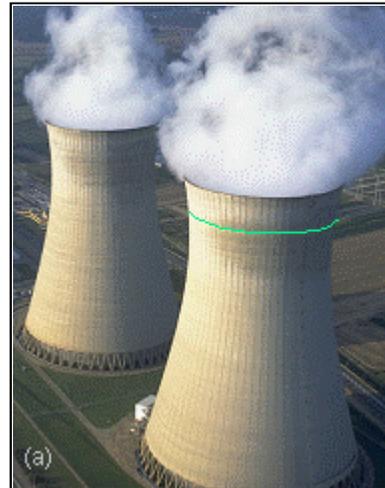




Figure 17: Tours de refroidissement de la centrale nucléaire de Dampierre (France)

Question 46: On considère une des tours de refroidissement de la centrale nucléaire de Dampierre présentée à la figure 17. La partie de la structure désignée en vert est :

- Tendue dans le cas (a) et comprimée dans le cas (b)
- Comprimée dans le cas (a) et tendue dans le cas (b).
- Comprimée dans les deux cas (a) et (b).
- Tendue dans les deux cas (a) et (b).
- Non sollicitée en (a) et tendue en (b).
- Non sollicitée en (a) et comprimée en (b).
- Non sollicitée en (b) et tendue en (a)
- Non sollicitée en (b) et comprimée en (a)
- Non sollicitée dans les deux cas (a) et (b).

Oui, c'est juste.



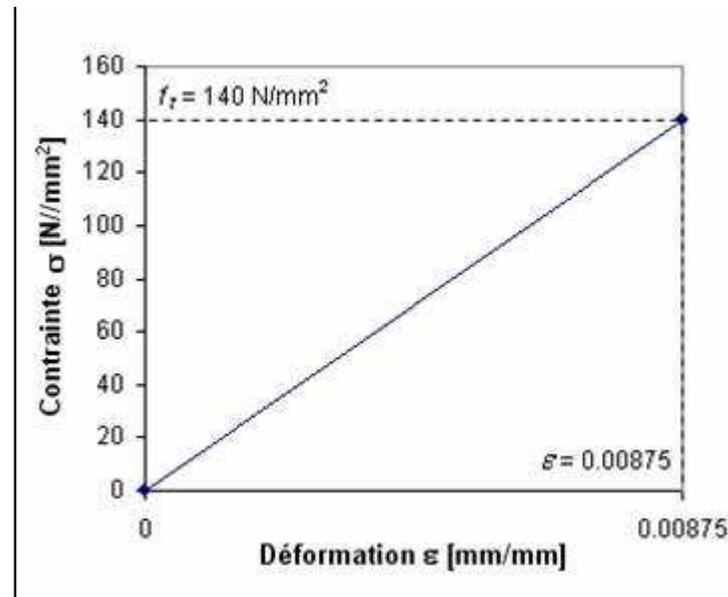


Figure 18: Loi contrainte - déformation en phase élastique pour un matériau sollicité en traction

Question 47: Déterminez le module d'élasticité du matériau dont la loi de comportement est définie à la figure 18. [N/mm²]

16000

Oui, c'est juste. $E = \frac{f_t}{\varepsilon} = \frac{140}{0.00875} = 16000 \text{ N/mm}^2$

Question 48: Pour le dimensionnement des structures, c'est toujours le critère d'état limite ultime qui est déterminant.

- Oui, c'est l'état limite ultime qui est toujours déterminant car le but ultime d'une structure est de ne pas subir de rupture.
- Oui, c'est l'état limite ultime qui est déterminant puisque les coefficients multiplicateurs des charges sont plus importants pour cet état limite ultime que pour l'état limite de service.

- Non, il s'agit de s'intéresser à l'état limite de service et à l'état limite ultime pour justement savoir lequel des deux est déterminant.
- Non, l'état limite de service est toujours déterminant car les fissures apparaissent toujours les premières.

Oui, c'est juste.

Question **49**: Pourquoi le facteur de réduction de la résistance de l'acier est-il plus faible que celui du bois ($1.05 < 1.5 - 1.7$) ?

- La différence s'explique par le fait qu'en compression comme en traction, le bois présente des résistances moindres par rapport à l'acier, il est donc nécessaire de prendre des marges de sécurité plus importantes.
- L'acier est un matériau très bien connu pour lequel les contrôles de fabrication sont nombreux de sorte que sa résistance peut être connue avec précision, contrairement au bois qui peut présenter une forte variabilité de résistance par la présence de nœuds par exemple.
- Pour une même structure, la quantité nécessaire de bois est plus importante que celle d'acier, il faut donc prendre plus de marge de sécurité sur le matériau bois.
- Ce facteur est lié à la fréquence d'utilisation des matériaux dans les structures. Le bois est moins fréquemment utilisé que l'acier donc son coefficient multiplicateur des charges doit être plus important.

Non, l'acier est un matériau très bien connu pour lequel les contrôles de fabrication sont nombreux de sorte que sa résistance peut être connue avec précision, contrairement au bois qui peut présenter une forte variabilité de résistance par la présence de nœuds par exemple.



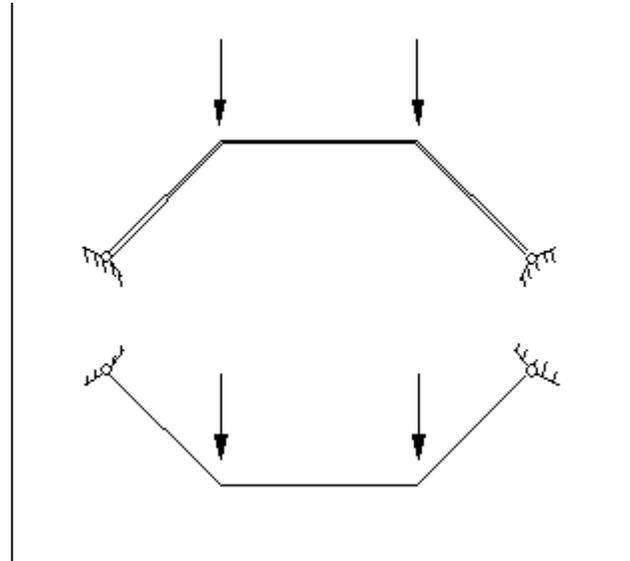
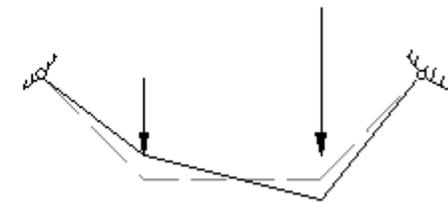
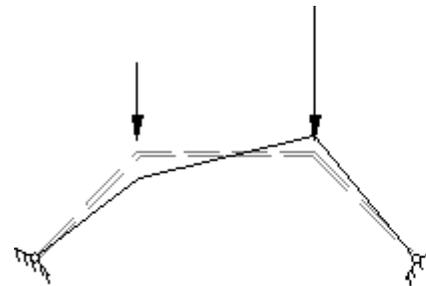
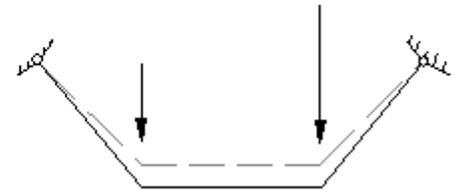
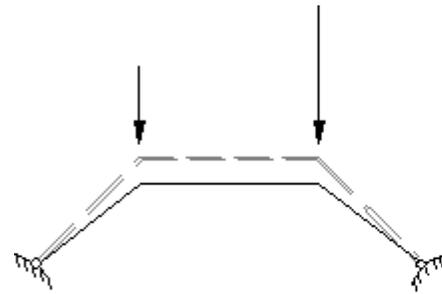
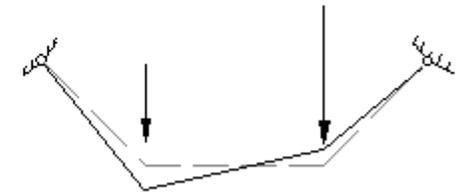
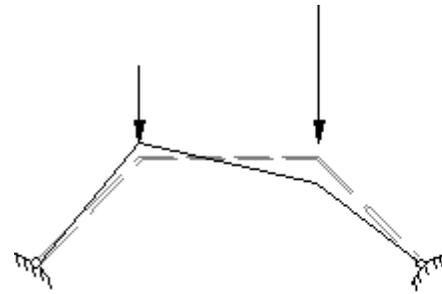


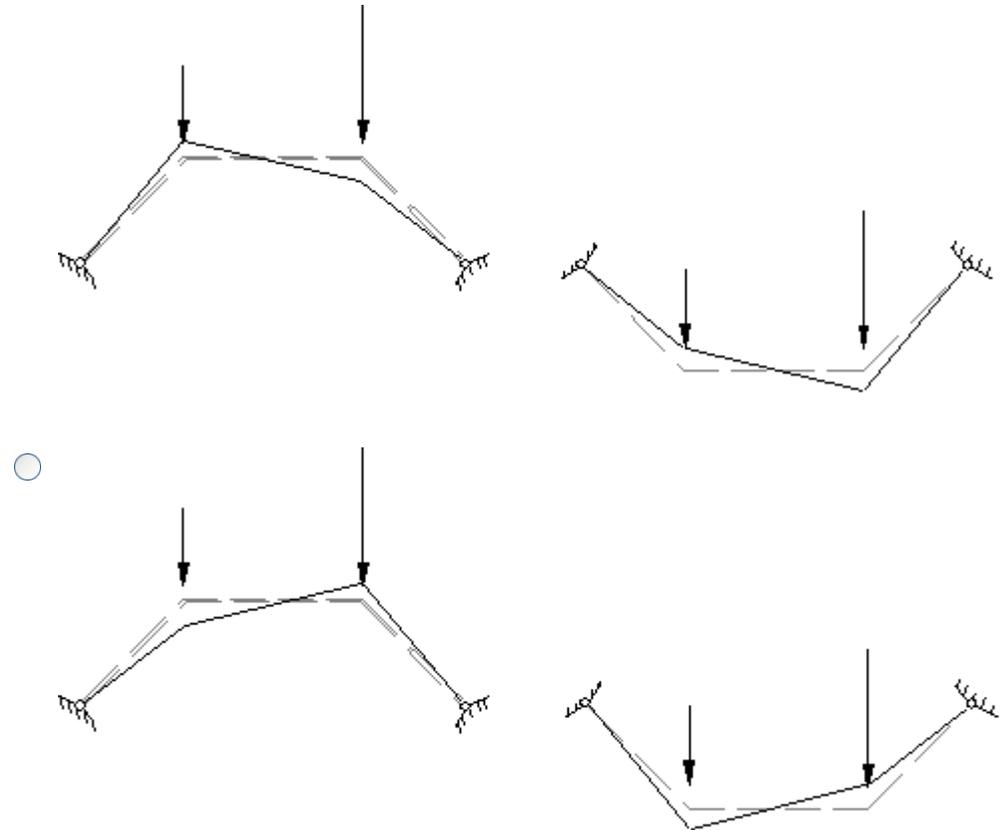
Figure 19: Arc et câble sous charges symétriques

Question 50: Comment les **forme funiculaires** de l'arc et du câble changent-elles sous charges asymétriques ?

Remarque : les lignes noires continues représentent la forme modifiée, sous charge asymétrique ; les lignes grises en pointillés représentent la forme initiale, sous charges symétriques.







C'est juste.

Question **51**: Parmi ces propositions, laquelle est **juste** ?

- L'utilisation du câble est élégante puisque sa forme est toujours celle d'une parabole.
- L'utilisation des câbles est intéressante de par la fluidité et la légèreté qu'ils proposent.
- Un câble présente toujours une courbure vers le haut.

- Un câble est toujours moins déformable qu'un arc pour une configuration de charges donnée.
- Obtenir une structure rigide qui comprend un câble n'est pas possible.

C'est vrai, les structures faites de câbles, si elles sont bien réalisées, donnent bien souvent cette impression de légèreté.

Question **52**: J'ai répondu à la question sur la feuille annexe (**Résultante 1 - feuille 1**)

- Non
- Oui

Voir  [correction](#)

Question **53**: J'ai répondu à la question sur la feuille annexe (**Résultante 2 - feuille 2**)

- Non
- Oui

Voir  [correction](#)

Exercice (6) : Passerelle piétonne Kochenhof à Stuttgart (29 points)



On considère ici une des nombreuses passerelles piétonne issue des travaux des ingénieurs allemands Jörg Schlaich et Rudolf Bergemann. Cette passerelle à Stuttgart, illustrée sur les figures 20,21 et 22 a été ouverte au public en 1990.



Figure 20: Passerelle Kochenhof à Stuttgart

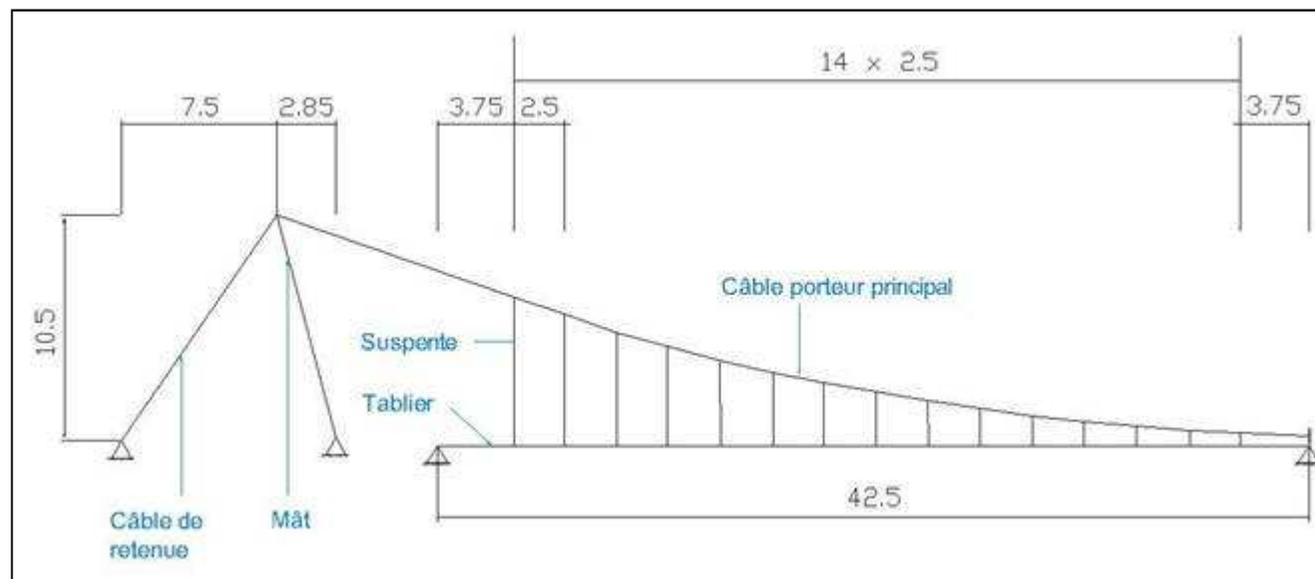


Figure 21: Vue longitudinale simplifiée de la passerelle

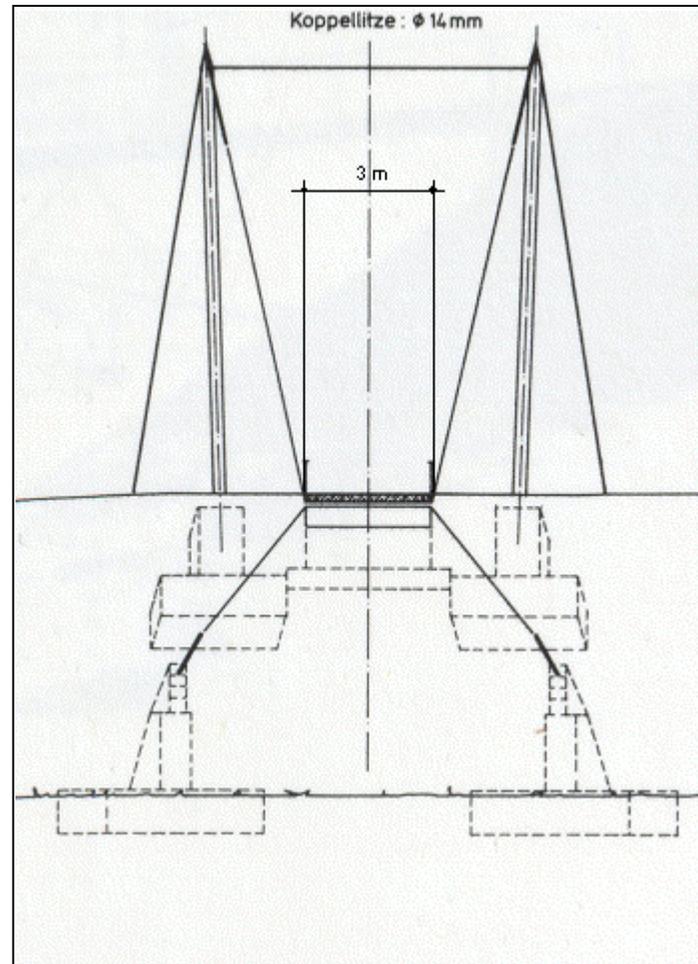


Figure 22: Vue transversale de la passerelle

Dimensions de la structure:

Longueur [m] : 42.5

Largeur [m] : 3

Epaisseur du tablier [m] : 0.12

Espacement des suspentes centrales [m] : 2.5

Espacement des suspentes de bord [m] : 3.75

Charges agissant sur la structure

Charges permanentes : Poids propre (à déterminer dans l'exercice)

Charges utiles : 2 kN/m²

Propriétés des matériaux:

Acier des mâts : ($f_{sd} = 100 \text{ N/mm}^2$, $E = 200\,000 \text{ N/mm}^2$)

Question **54**: Les suspentes sont :

- Tendues
- Comprimées
- Non sollicitées

Oui, c'est juste.

Question **55**: Le mât est :

- Comprimé
- Tendu
- Non sollicité

Oui, c'est juste.

Question **56**: Le câble porteur principal est :

- Comprimé

- Non sollicité
 Tendu

Oui, c'est juste.

On admet un poids volumique du béton à 25 kN/m^3 et on considère le tablier de la passerelle fait de béton.

Question **57**: En admettant que les charges permanentes de la structure se limitent au poids propre du tablier, déterminer la charge de dimensionnement [kN/m].

Vous n'avez pas répondu à cette question. La bonne réponse est **21.2**.

Question **58**: Quelle est la charge que reprend chaque suspente (sauf suspente de bord) [kN] ?

50

Non. $F_d = 2.5 \text{ [m]} \times \frac{21.2}{2} \text{ [kN/m]} = 27 \text{ kN}$

On admet les suspentes réalisées en des câbles d'acier dont la limite d'élasticité f_{sd} vaut **1320 N/mm²** et le module d'Young **E vaut 195 000 N/mm²**.

Question **59**: Déterminer le diamètre nécessaire d'une suspente pour l'état limite ultime [mm].

70

$$\text{Non. } \phi = \sqrt{\frac{4}{\pi} \times \frac{27000[\text{N}]}{1320[\text{N}/\text{mm}^2]}} = 5,1 \text{ mm}$$

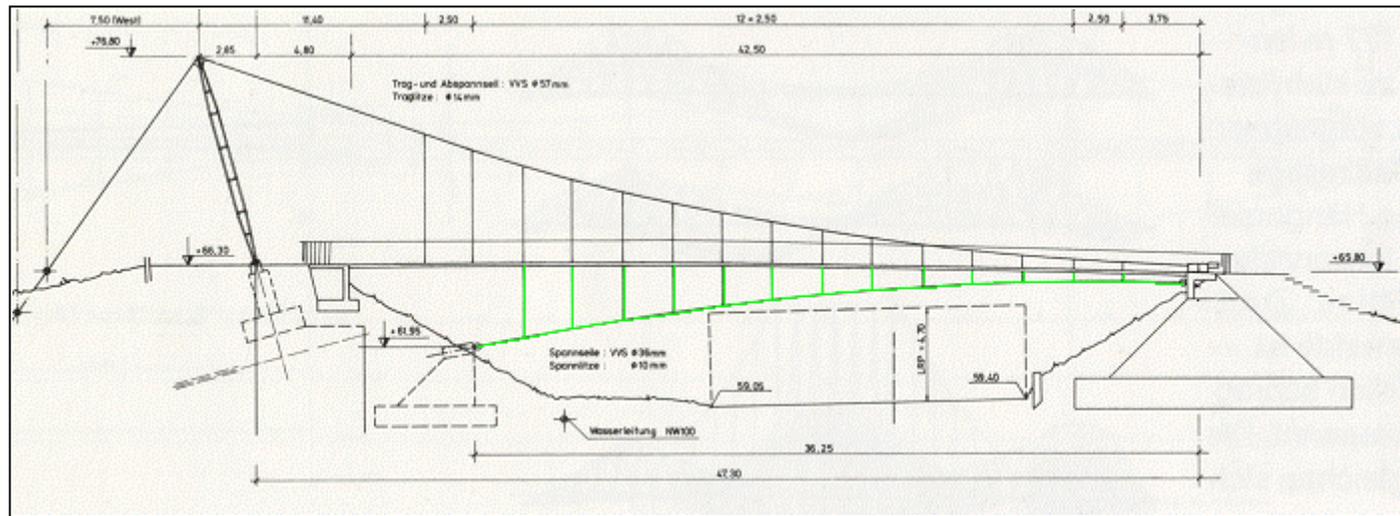


Figure 23: Configuration réelle de la passerelle

Comme le montre la figure 23 , la passerelle est complétée par un élément sous le tablier repassé en vert.

Question 60: Quel est le rôle de cet élément :

- C'est un système d'ancrage. Il permet de stabiliser les talus de part et d'autre de la chaussée.
- C'est un arc. Il permet de soulager la structure supérieure qui vient s'appuyer dessus.
- C'est un câble de prétension. Il permet la rigidification de la passerelle.
- C'est un sous-tirant. Il introduit par le biais des éléments verticaux sous le tablier, des efforts vers le haut qui permettent de donner une courbure au tablier et de garantir

les critères de gabarit routier et d'esthétique.

Oui, c'est juste.

On admet maintenant un effort **par suspente de 50 kN et de 100 kN pour les suspentes de bord**. A l'aide de l'applet  [Passerelle_Schlaich_1](#), des indications données à la figure 21 et de la feuille annexe (feuille 4), répondez aux questions suivantes.

Remarque : Lors de l'utilisation de l'applet, faites figurer les appuis, les forces, le polygone funiculaire et le sous-système utilisé. Lors de l'utilisation de la feuille, indiquer le sous-système utilisé ainsi que la valeur des forces dans le diagramme de Cremona.

Question **61**: Quelle est la valeur de l'effort maximal dans un des deux câbles porteurs principaux ?

3000

Oui, c'est juste. L'effort vaut environ 2800 kN Voir applet  [Passerelle_Schlaich_1](#)

Question **62**: J'ai enregistré mon fichier.

- Non
 Oui

Voir applet  [Passerelle_Schlaich_1](#)

En admettant la valeur de l'effort maximal dans un des deux câbles principaux à 3000 kN, et en vous aidant de la feuille 4, poursuivez l'exercice.

Question **63**: Quelle est la valeur de l'effort dans

un des deux câbles de retenue?

1200

Non. L'effort vaut 3250kN.  **correction**

Question **64**: Quelle est la valeur de l'effort dans un des deux mâts?

-1000

Non. L'effort vaut -3760kN.  **correction**

Question **65**: J'ai répondu à la question sur la feuille annexe (**feuille 4**)

Non

Oui

Voir  **correction**

Question **66**: Sachant qu'un mât est constitué de 3 tubes en acier creux d'une épaisseur de 10 mm dont les caractéristiques mécaniques sont données en début d'énoncé, quel doit être le diamètre minimal d'un tube en acier [mm] ?

56.4

$$N_{\text{tub}} = \frac{3760 \cdot 10^3 [\text{N}]}{3} = 1254 [\text{kN}]$$

$$\text{Non. } A_{\text{rec.tub}} = \frac{1254 \cdot 10^3 [\text{N}]}{100 [\text{N}/\text{mm}^2]} = 12540 \text{ mm}^2$$

$$\phi_{\text{tub}} = \frac{12540 [\text{mm}^2]}{\pi \times 10 [\text{mm}]} = 400 \text{ mm}$$

Exercice (7): Gare de Milan (9 points)



Dans cet exercice, nous allons nous intéresser à la gare de Milan (figure 24) et plus particulièrement aux systèmes porteurs de la structure.

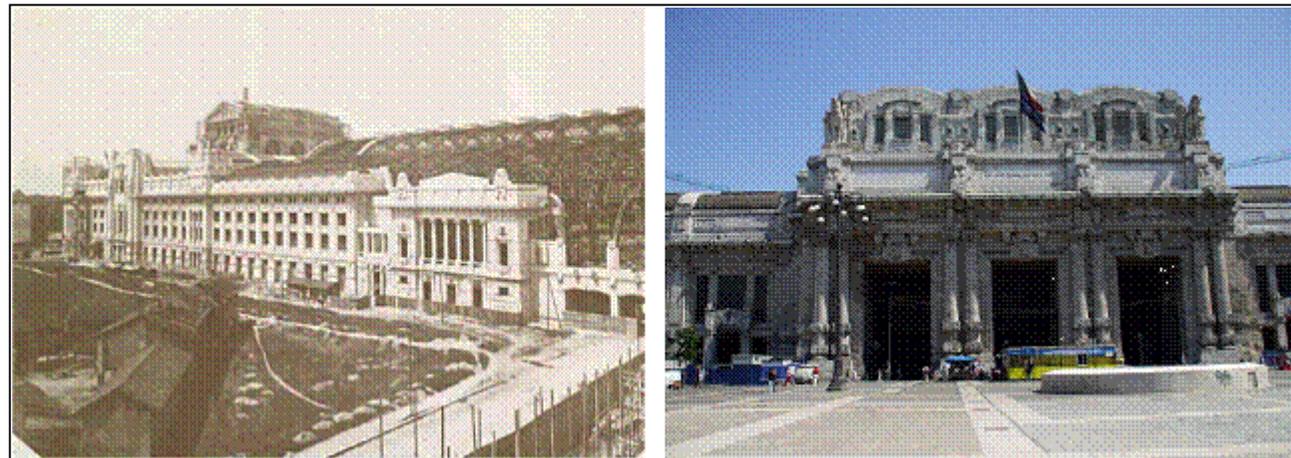


Figure 24: Gare de Milan

La figure 25 ci-dessous montre une vue intérieure de la gare en mettant en évidence la forme et la structure de la toiture.



Figure 25: Structure porteuse de la gare de Milan

Question 67: Les éléments en jaune (3) ont la fonction de :

- Constituer la structure porteuse principale.
- Reprendre les charges réparties sur la toiture et de les transmettre aux éléments en bleu clair (2).
- Stabiliser les arcs dans le sens transversal.
- Stabiliser les arcs vis-à-vis des charges variables.

C'est juste.

Question **68**: Les éléments en vert (1) ont la fonction de :

- Stabiliser les arcs vis-à-vis des charges variables.
- Constituer la structure porteuse principale.
- Reprendre les charges réparties sur la toiture et de les transmettre aux arcs.
- Stabiliser les arcs dans le sens transversal.

C'est juste.

Question **69**: Les éléments en bleu clair (2) ont la fonction de :

- Stabiliser les arcs vis-à-vis des charges variables
- Structure porteuse principale
- Reprendre les charges réparties sur la toiture et de les transmettre aux arcs
- Stabiliser les arcs dans le sens transversal

Non, ils ont la fonction de reprendre les charges réparties sur la toiture et de les transmettre aux arcs.

Question **70**: La structure de la toiture peut être globalement identifiée comme :

- Un ensemble d'arcs très rapprochés qui constitue une voûte en arc-de-cloître.
- Un ensemble d'arcs reliés par une structure secondaire et qui fonctionne comme des arcs isolés.
- Un ensemble d'arcs très rapprochés qui constitue une voûte en éventail.
- Un ensemble d'arcs très rapprochés qui constitue une voûte en d'arête.

C'est juste.

Question **71**: Parmi ces propositions, laquelle est **juste** ?

- La forme générale d'un arc est définie par les charges variables
- Le polygone funiculaire d'un arc à deux articulations est influencé par les déplacements d'appuis.
- Dans certains cas, quand les charges variables sont importantes par rapport aux charges permanentes, le polygone funiculaire d'un arc peut ne pas passer par les articulations.
- Si l'on décide d'augmenter l'épaisseur d'un arc pour la reprise des charges variables il est préférable de le faire dans les zones des articulations car elles sont particulièrement sollicitées.

Oui, c'est effectivement la proposition juste.

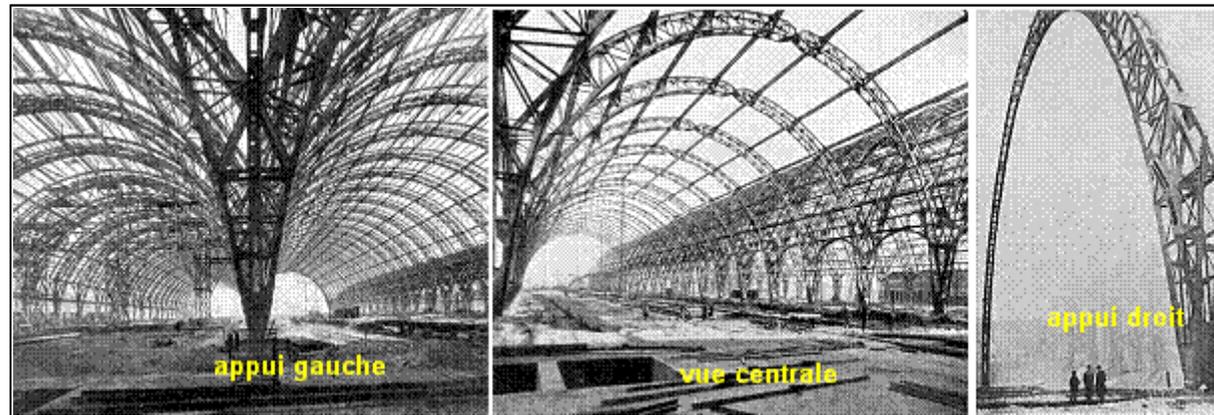


Figure 26: Détail des arcs de la gare de Milan

Question **72**: Un arc isolé de la toiture de la gare de Milan présenté à la figure 26 est :

- Un arc sans articulations
- Un arc-et-câble
- Un arc à trois articulations
- Un arc à deux articulations

C'est juste.

Vous avez répondu à 70 questions sur 72

Questionnaire	68
Feuille : Identification efforts_Briare	9
Feuille : Détail Mat_Passerelle	4
Feuille : Resultante 1	4
Feuille : Resultante 2	1
Applet : Suspentes inclinees_Briare	2
Applet : Effort câble_Passerelle	6
Applet : Conception chapiteau	2
TOTAL	96 / 144

Fichier PDF pour la correction :