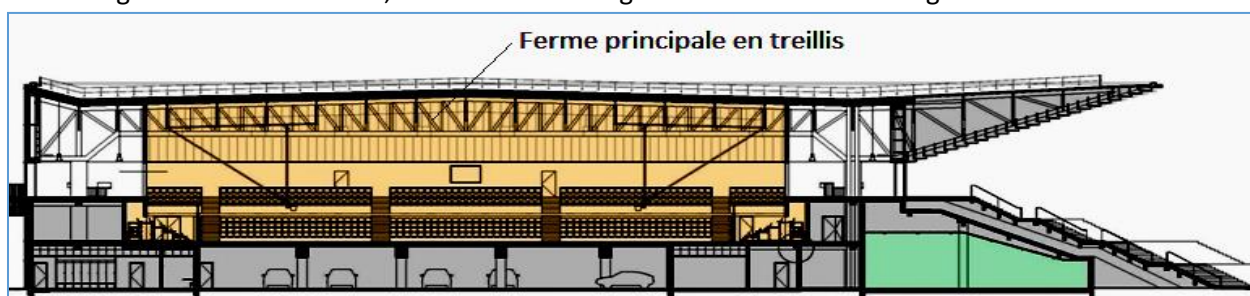


## Validation des choix de la structure porteuse du toit et de ses matériaux

L'architecte a choisi de réaliser la base de la structure du palais des sports à partir de poteaux en béton armé et de fermes principales en treillis pour supporter la couverture.



En architecture, une **ferme** est un élément d'une charpente supportant le poids de la couverture d'un édifice. Un **treillis** est un assemblage de barres verticales, horizontales et diagonales formant des triangles.



L'objectif de cette partie est de valider le choix de la structure et du matériau des fermes principales selon les critères du cahier des charges.

### Extrait du cahier des charges :

Exigences		Critères	Niveaux	Flexibilité
Id = « 1.4 »	« Avoir une toiture la plus plate possible »	Orientation :	5° maximum	F1
Id = « 1.1.1.1 »	« Permettre une vision optimale pour tout spectateur durant la rencontre sportive »	Charpente : Grande portée entre les poteaux :	56 mètres	F0

### Tableau comparatif de structure de la charpente

	STRUCTURE DE LA CHARPENTE			
	Poutres préfabriquées en béton armé	Poutres préfabriquées en béton précontraint	Poutres en bois lamellé collé	Treillis en acier
Poids au m <sup>2</sup> de construction	920 daN·m <sup>-2</sup>	850 daN·m <sup>-2</sup>	600 daN·m <sup>-2</sup>	630 daN·m <sup>-2</sup>
Résistance au feu	Bonne			Bonne (avec traitement de surface).
Recyclage	Oui			
Portée maximale entre deux poteaux	15 m	35 m	100 m	70 m
Assemblage sur place	Oui			
Rapport résistance mécanique / poids	Assez bon	Bon	Elevé	Elevé

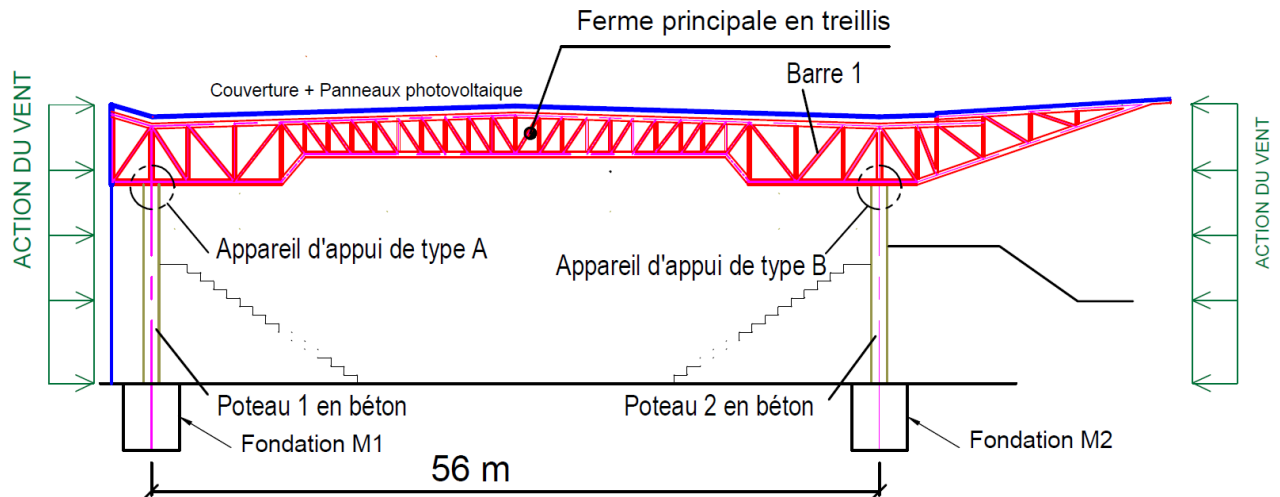
Coût	657000 €	660000 €	650000 €	670000 €
Durée de vie de l'ouvrage	très bonne longévité			
Type d'architecture possible	Structures poutres sur poteaux (pentes du toit de 0 à 40°)	Arc à 2 ou 3 articulations (pente du toit de 15 à 35°)	Permet de réaliser des couvertures plates (pentes du toit de 0 à 35°)	
Impact environnemental pendant l'utilisation de l'ouvrage.	Faible (Peu d'entretien)			

**Q1 : Identifier** le type de structure répondant le mieux aux exigences du cahier des charges. **Justifier** votre réponse en argumentant les solutions éliminées (une seule critique suffit).

## Etude de la dilatation des fermes

L'architecte du palais des sports de Rouen a choisi de réaliser la base de la structure à partir de poteaux en béton armé et de fermes principales en treillis pour supporter la couverture.

### Vue d'ensemble de la structure



L'architecte impose une charpente la plus légère possible.

Une étude technique a permis de déterminer les critères suivants :

- Barre 1 de longueur  $L=5700$  mm soumise à un effort de traction  $N = 1750$  kN ;
- Barre 1 de profil creux carré
- Allongement admissible de la barre 1 limité à 7 mm.
- Module de Young du matériau de la barre 1 :  $E = 210\,000$  N·mm<sup>-2</sup>
- Résistance élastique de l'acier utilisé pour la barre 1,  $Re=235$  N/mm<sup>2</sup>

### Tableau de dimensionnement de la barre 1 de la ferme principale

PROFILE		Aire de la section <i>A</i> (mm <sup>2</sup> )	Masse linéique (kg·m <sup>-1</sup> )	Contrainte de traction $\sigma = \frac{N}{A}$ (N·mm <sup>-2</sup> )	Allongement De la barre $\Delta L_{traction}$ (mm)
Dimensions extérieures (mm)	Nuance				
180x180	S235	6491	51	270	7.4
200x200	S235	7291	57.2	.....	.....
250x250	S235	9291	72.9	.....	.....

**Q1** : compléter le tableau de dimensionnement de la barre 1 afin d'obtenir la contrainte de traction et l'allongement pour les deux dernières options retenues, puis **choisir** en justifiant votre réponse le profilé le plus adapté.

Rappel : La formule de calcul de l'allongement est : 
$$\Delta l_1 = \frac{F \times L_0}{S \times E}$$

*L*<sub>0</sub> : longueur initiale du câble (en mm) ;  
*S* : section du câble (en mm<sup>2</sup>) ;  
*E* : module de Young (en N/mm<sup>2</sup>) ;  
*F* : charge appliquée sur le câble (en N).

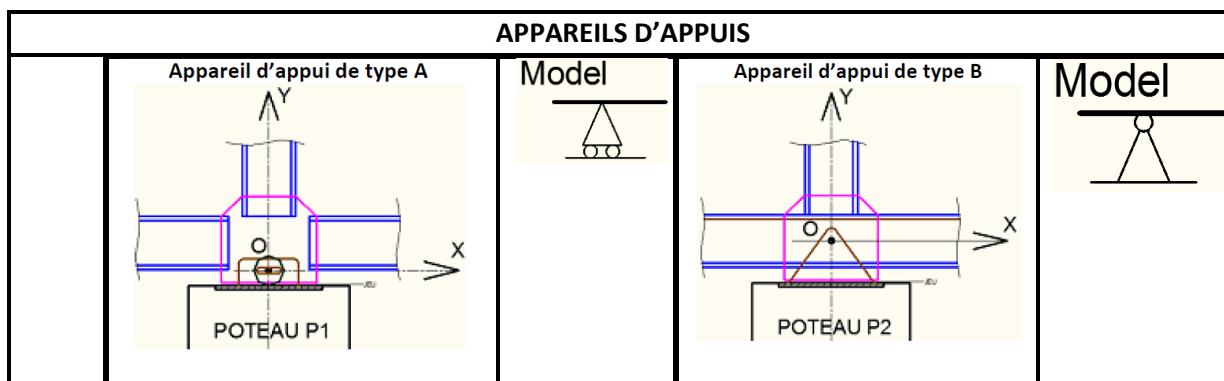
La ferme est réalisée en acier de coefficient de dilatation de 12·10<sup>-6</sup>°C<sup>-1</sup>.

Rappel : 
$$\Delta L_{dilatation} = \Delta T \times L \times \theta$$

Avec  $\Delta L_{dilatation}$  : l'allongement (en mm) ;  $\Delta T$  : l'amplitude thermique (en °C) ; *L* : la longueur initiale de l'élément (en mm) et  $\theta$  : le coefficient de dilatation (en °C<sup>-1</sup>)

**Q2** : Calculer la variation dimensionnelle de la ferme sur une longueur de 56 m pour une variation de température de -10°C à 30°C.

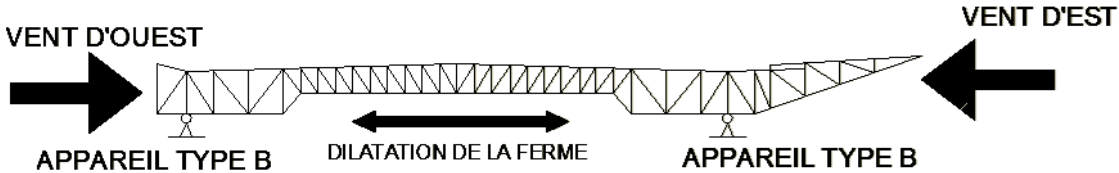
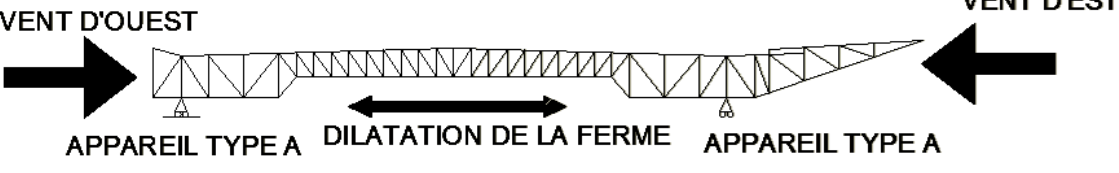
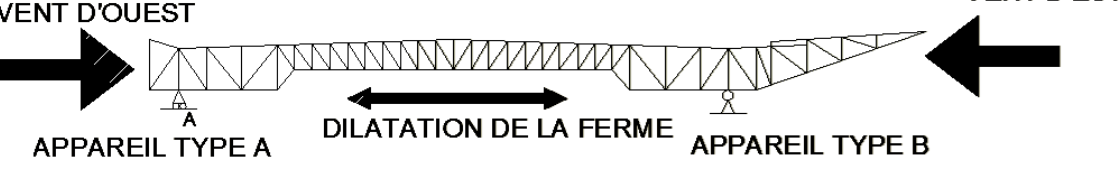
La ferme est reliée aux poteaux par des appareils d'appui qui peuvent être de type A ou de type B.



Axes	Libertés de mouvements		Efforts transmis		Libertés de mouvements		Efforts transmis	
	Translation	Rotation	Force	Moment	Translation	Rotation	Force	Moment
<b>X</b>	1	0	0	Mx	0	0	Fx	Mx
<b>Y</b>	0	0	Fy	My	0	0	Fy	My
<b>Z</b>	0	1	Fz	0	0	1	Fz	0

**Q3** : Compléter le tableau des différentes solutions des appareils d'appuis. En **déduire** quelle solution est la plus adaptée en justifiant votre réponse.

Remarque : la solution 1 présentée comme exemple est déjà complétée.

<p><b>SOLUTION 1 : deux appareils d'appuis de type B</b></p> 	
<p>Comportement au vent : <i>la ferme est stable (pas de problème)</i></p>	<p>Comportement à la dilatation : <i>la ferme est bloquée et ne peut pas se dilater librement → elle va se déformer (problème)</i></p>
<p><b>SOLUTION 2 : deux appareils d'appuis de type A</b></p> 	
<p>Comportement au vent : .....</p>	<p>Comportement à la dilatation : .....</p>
<p><b>SOLUTION 3 : un appareil d'appui type A et un appareil type B</b></p> 	
<p>Comportement au vent :</p>	<p>Comportement à la dilatation :</p>