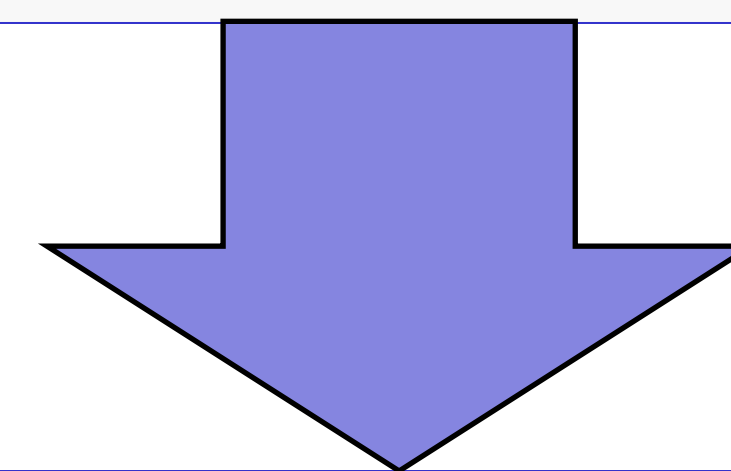


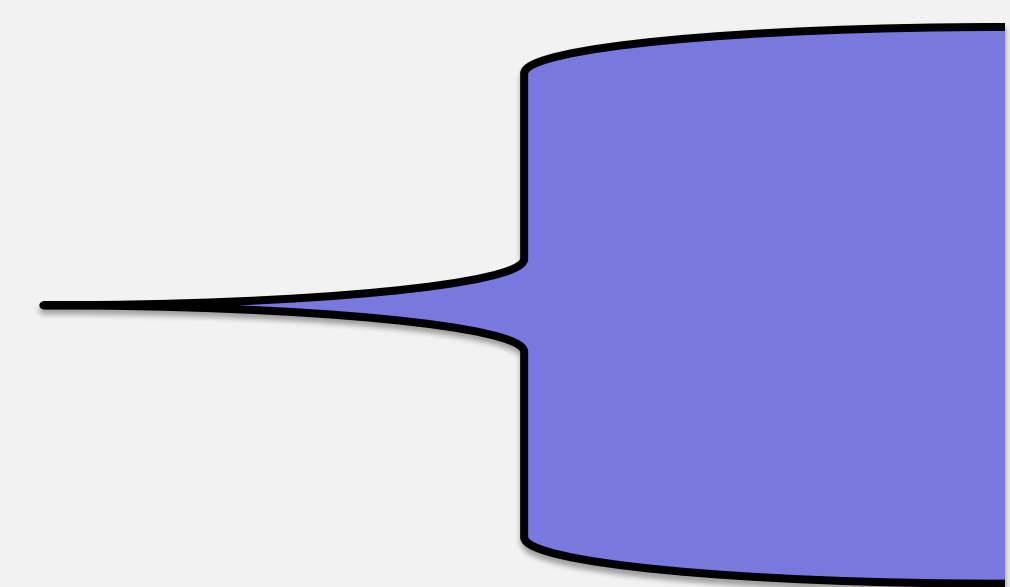
CONCEPTION ET PRODUCTION DES PANNEAUX DE GRANDE PORTÉE EN MATÉRIAUX COMPOSITES POUR TOITURES DES GARES DU PROJET HHR

***D. Bouhrara
ESTP***

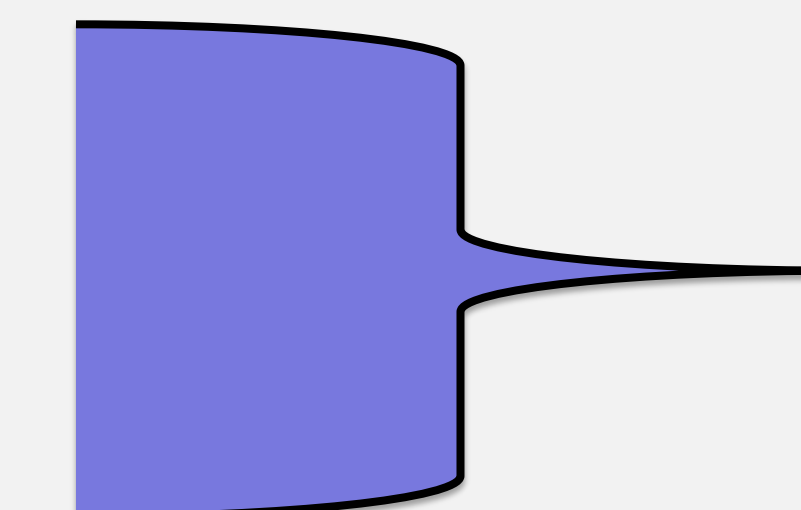
***Z. Mohammadine; C. Berger
SAUDI OGER LTD***



Projet HHR (Haramain High speed Rail)



***Ligne de Train à Grande Vitesse:
La Mecque ↔ Médine
(via Djeddah)***



Construction des toitures des gares

1) Architecture Arabo-islamique

a) *Design alliant modernité et tradition*

b) *Forme de voûte*

2) Résistance mécanique

a) *Dimensionnement des fondations*

Poids surfacique = 50 Kg/m²

b) *Grille comportant des modules carrés*

L = 27 m de côté

c) *Structure métallique constituée de poutres cintrées*

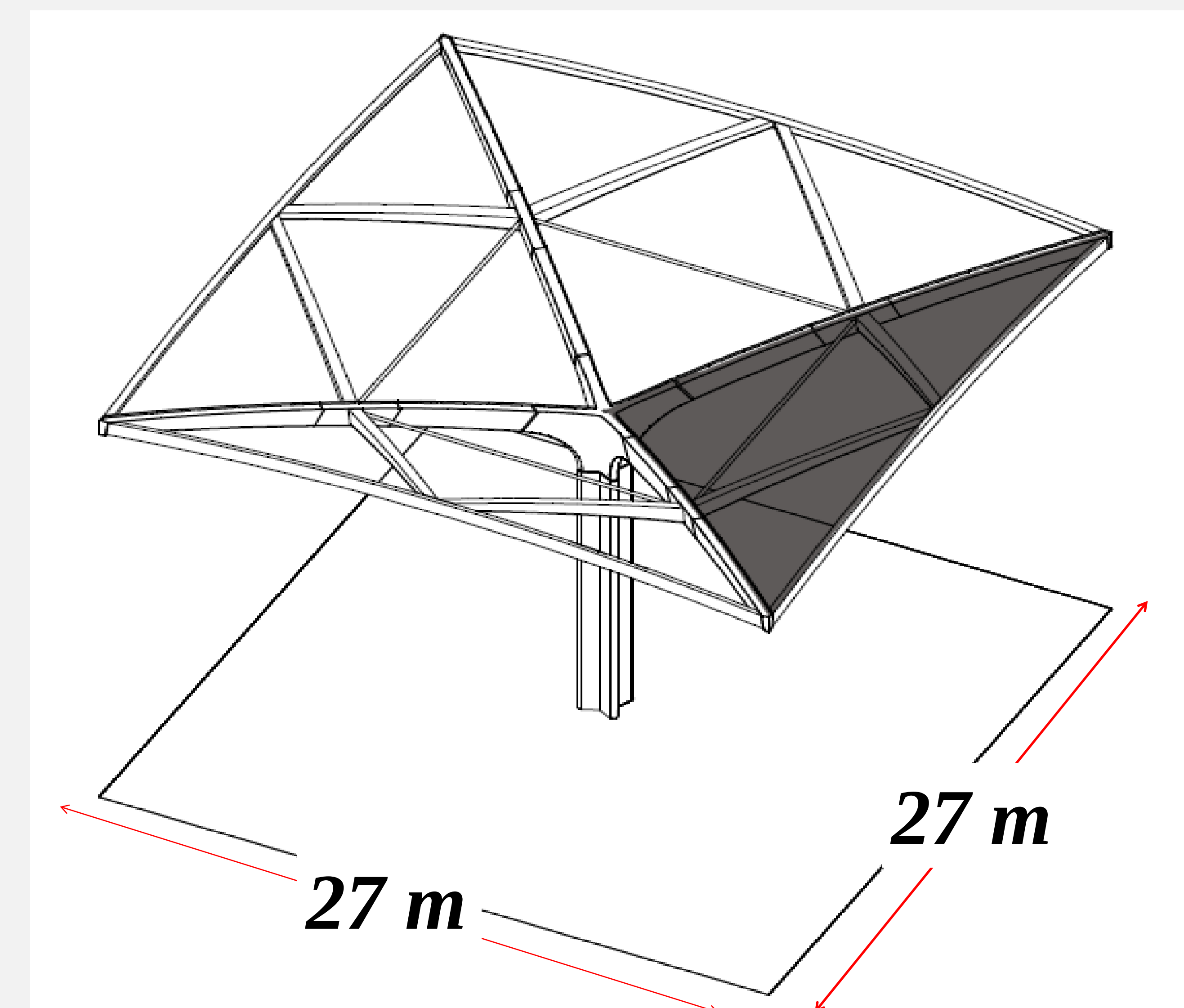


3) Transfert thermique

Coefficient de transmission thermique

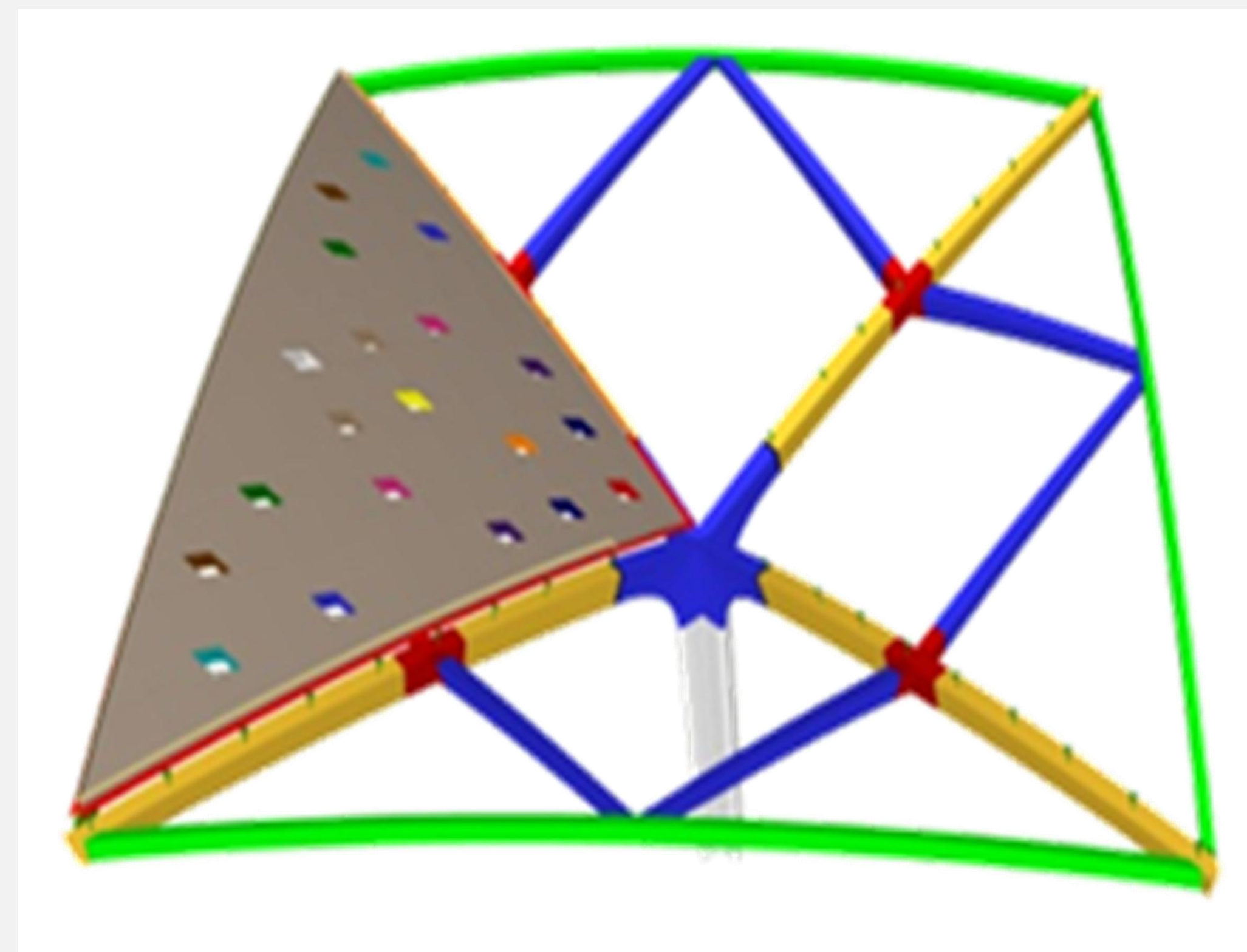
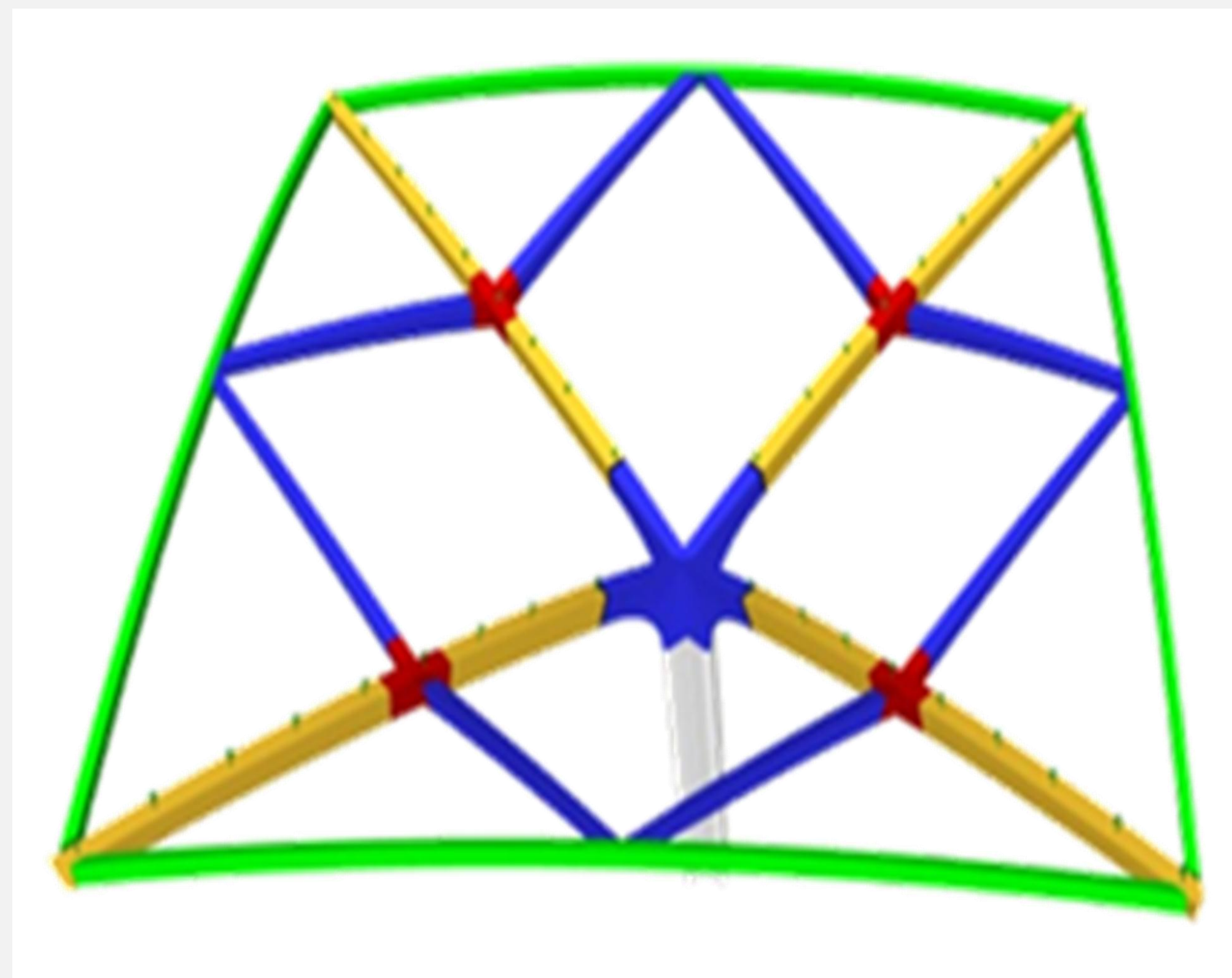
$U \leq 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$

CHOIX GEOMETRIQUE

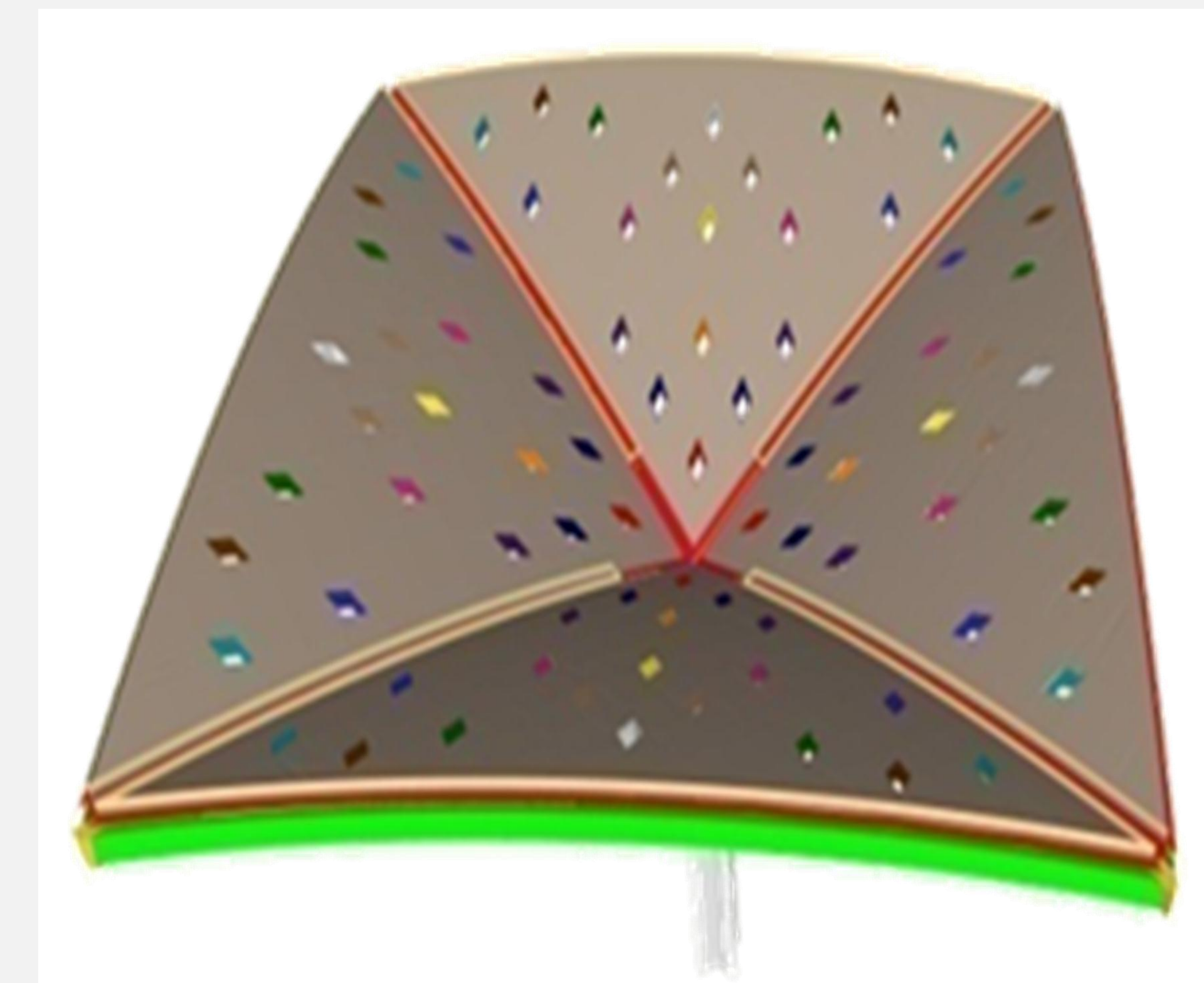
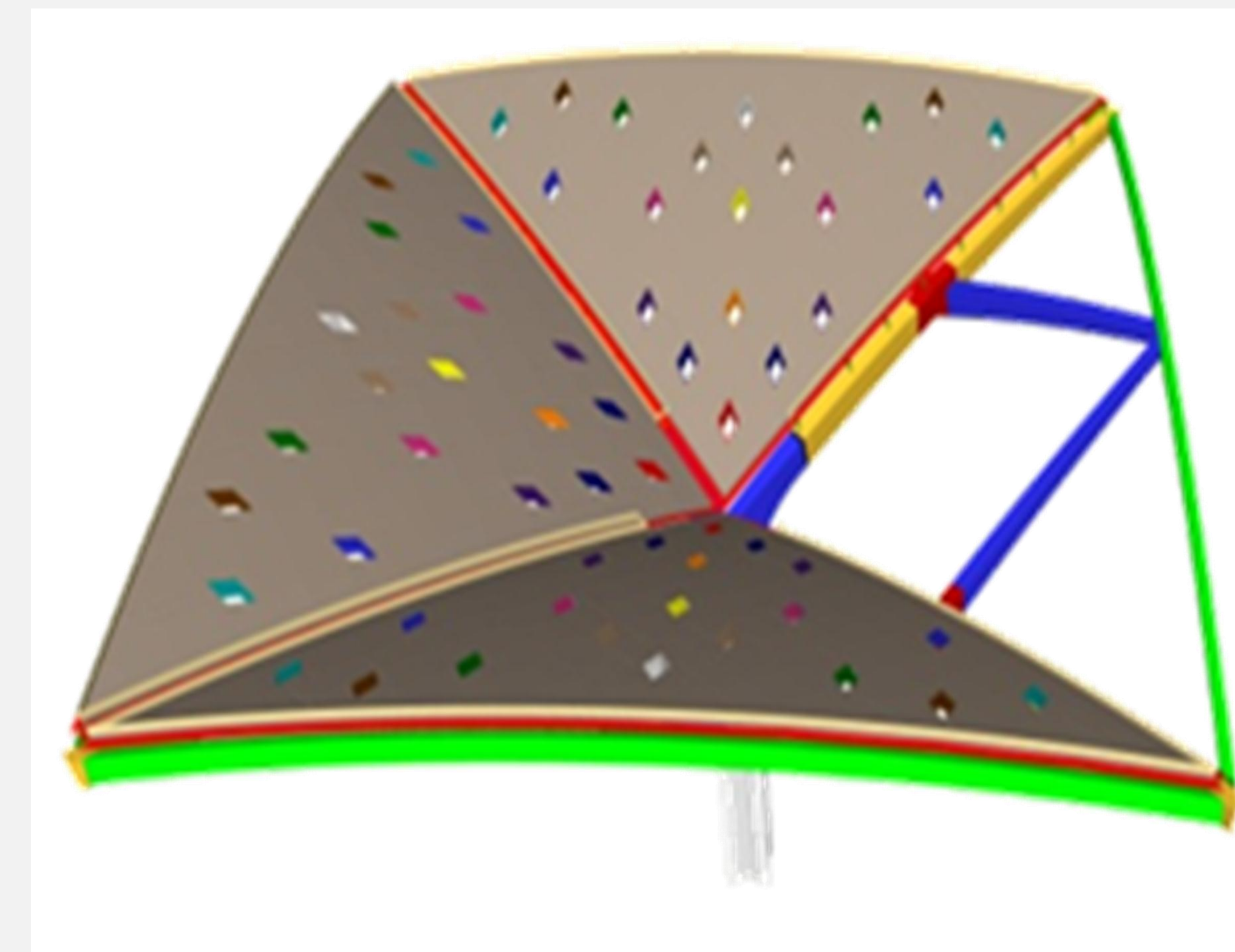


Choix géométrique

Disposition des poutres

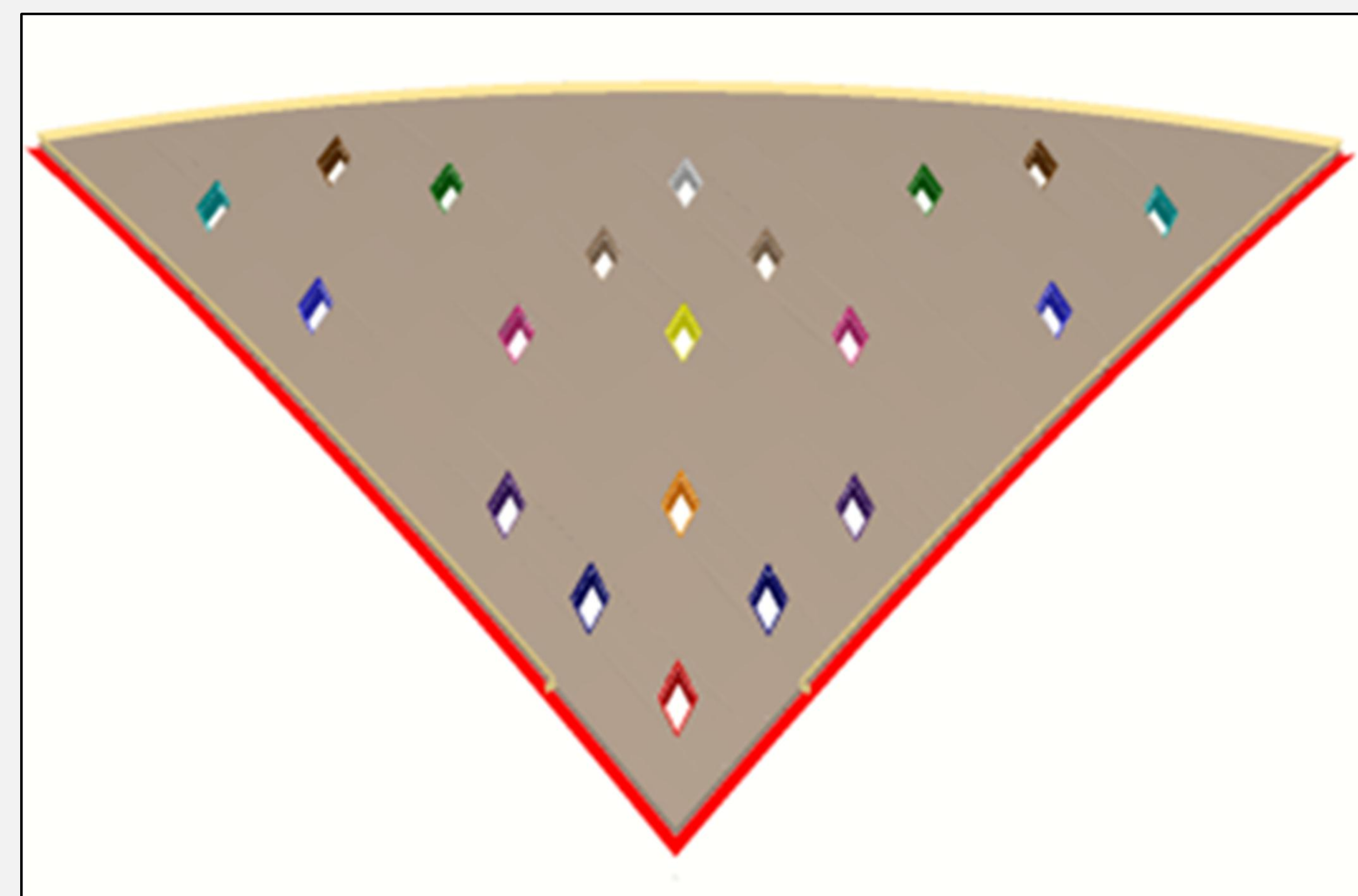


Etapes d'installation



Panneau à fabriquer

*Stratification en
composite in-situ
au droit des jonctions*



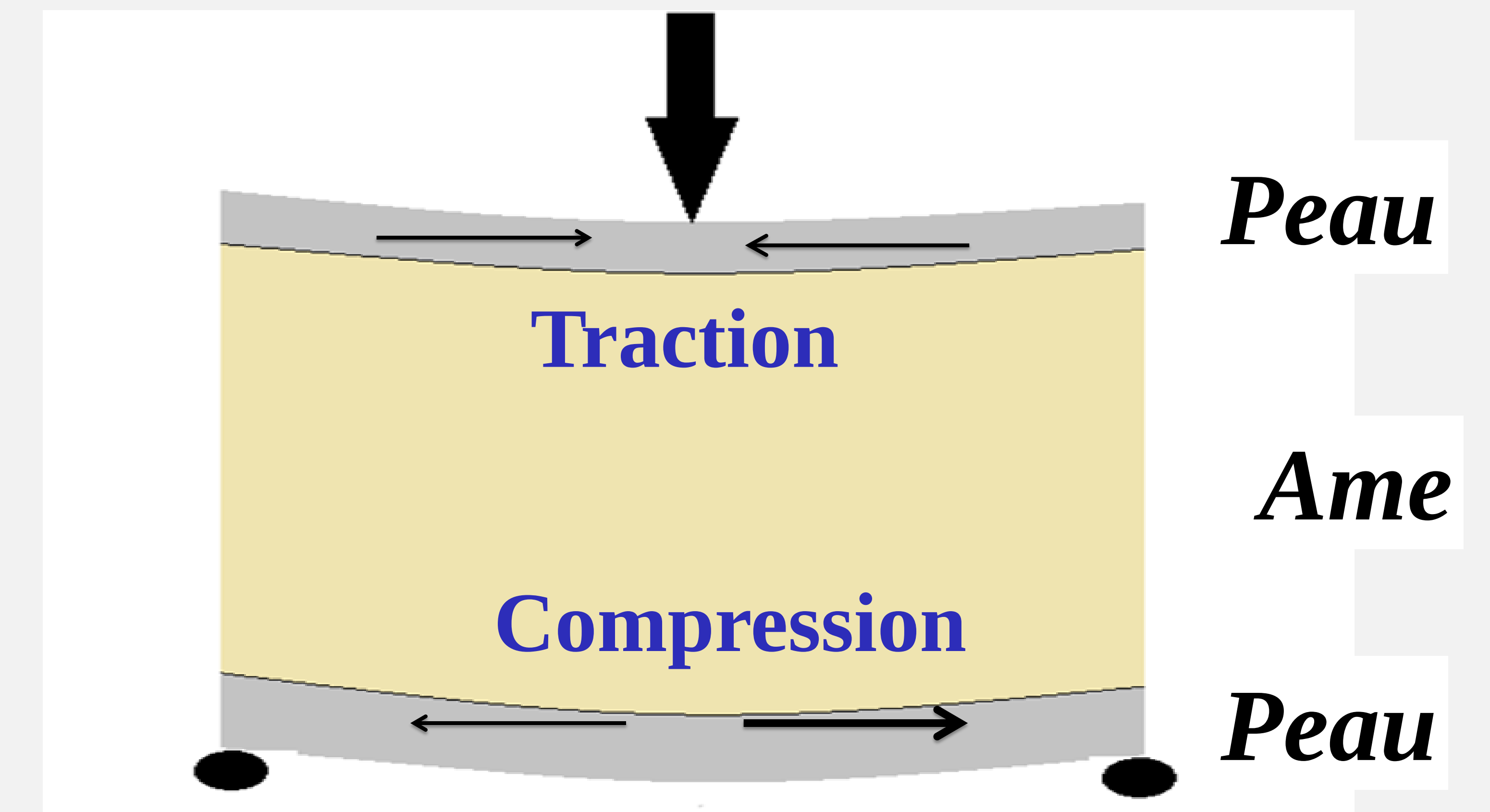
*Lumière naturelle
Réservations*

Conception et choix des matériaux

Performance mécanique

Contraintes normales $\sigma_{(M)} = \frac{M}{I_{Gz}} z y$

Contraintes de cisaillement $\tau = f(T, I)$



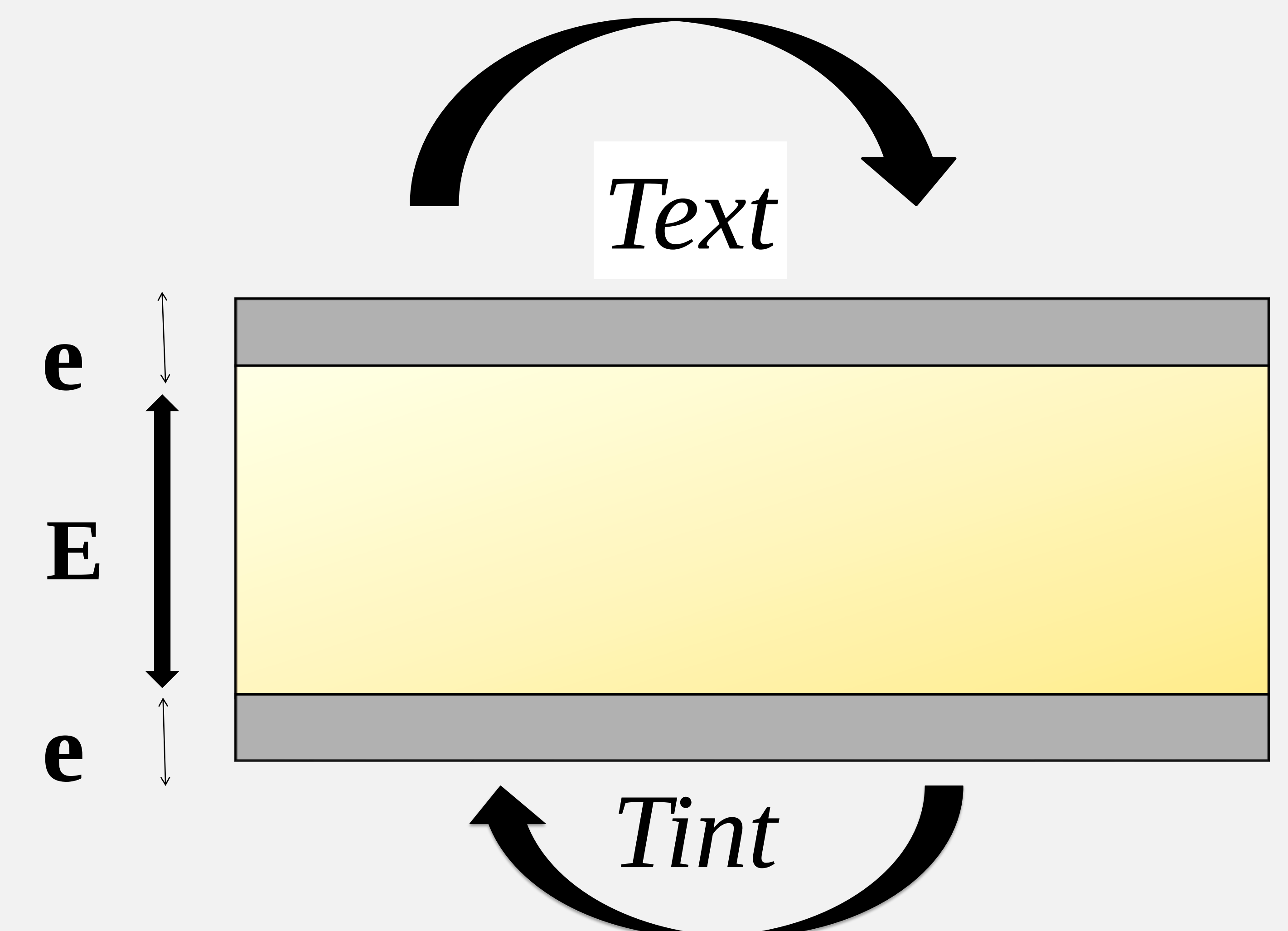
Performance thermique

Densité de flux de chaleur Q à travers une paroi homogène:

$$Q = K(T_{ext} - T_{int}) \quad K = 1/R$$

R = résistance thermique totale de la paroi

$$R = R_{ext} + e/\lambda_1 + E/\lambda_2 + e/\lambda_3 + R_{int}$$



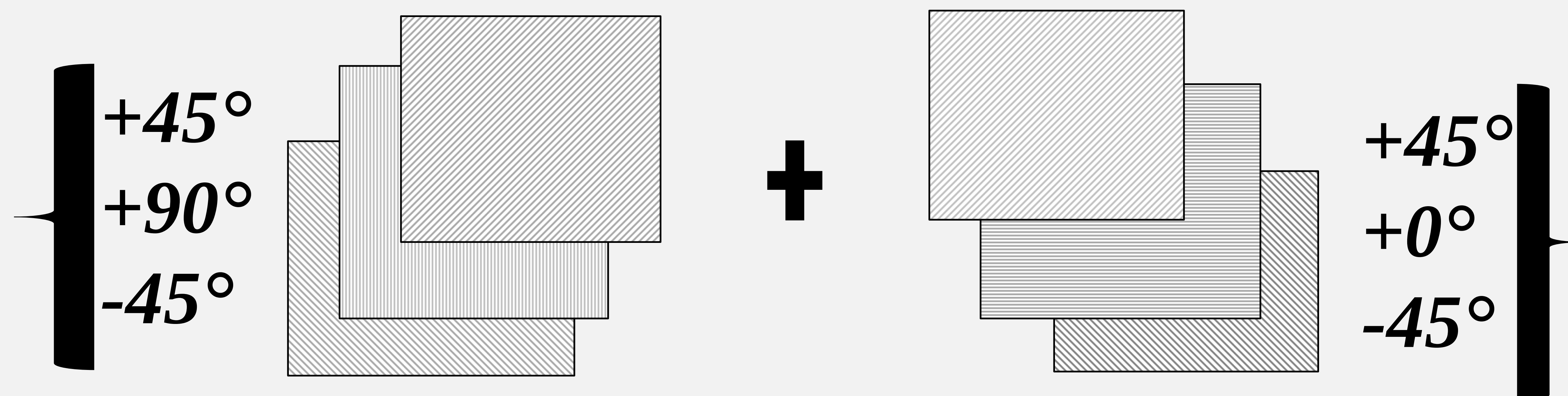
Choix structurel

Structure sandwich

Deux tissus en fibre de verre/époxy

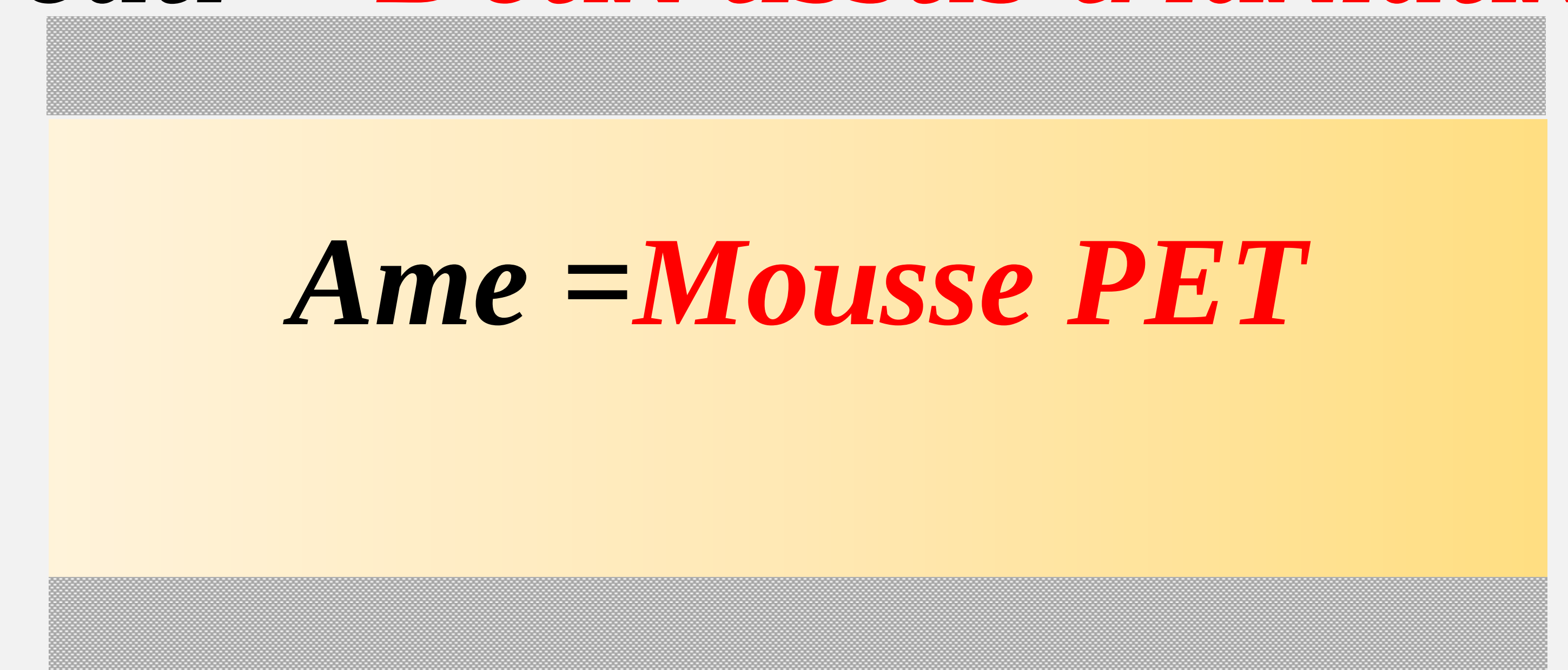
Une âme centrale en mousse polyéthylène téréphtalate

*Mise en évidence des différents paramètres
intervenant dans cette production*



Orientation des fibres des tissus

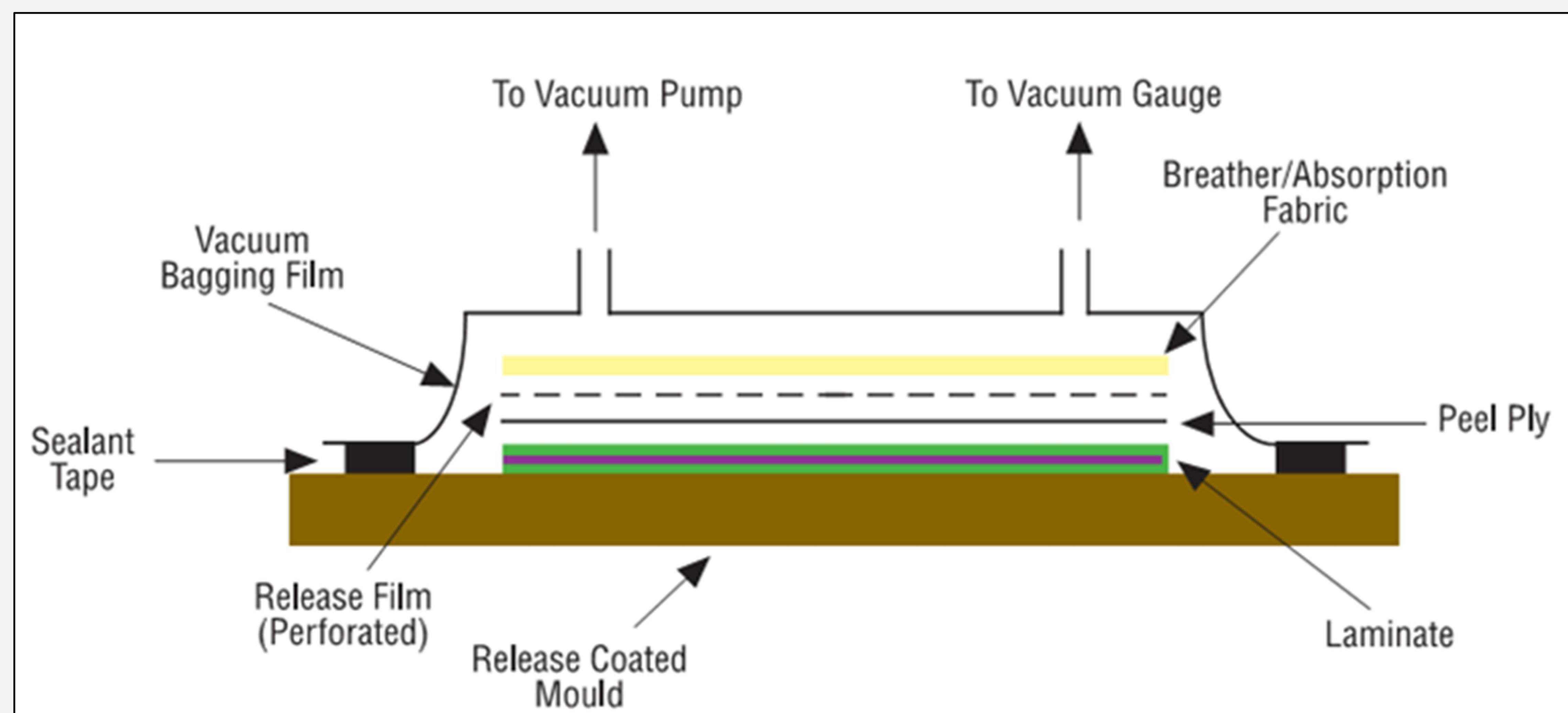
Peau = Deux tissus triaxiaux



Peau = Deux tissus triaxiaux

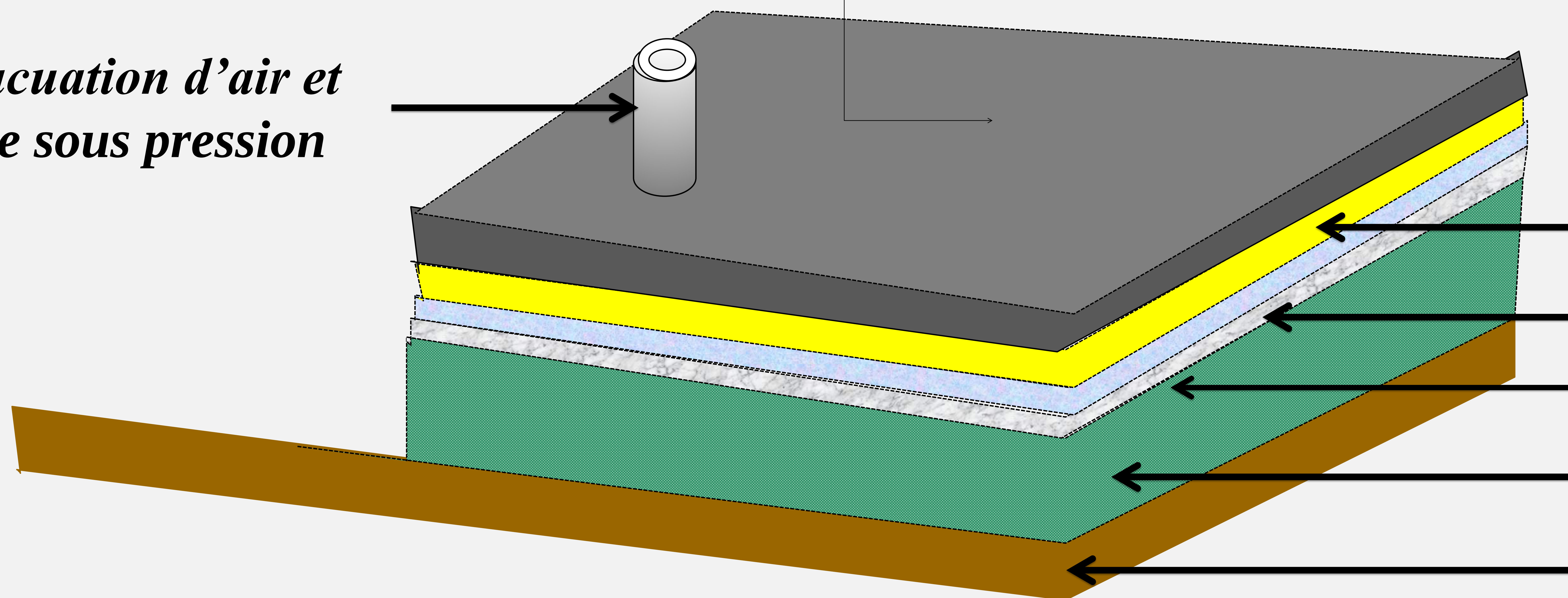
Technique de moulage sous vide

Principe de la méthode



Bâche de tirage sous vide

Evacuation d'air et mise sous pression



Feutre de drainage

Film perforé

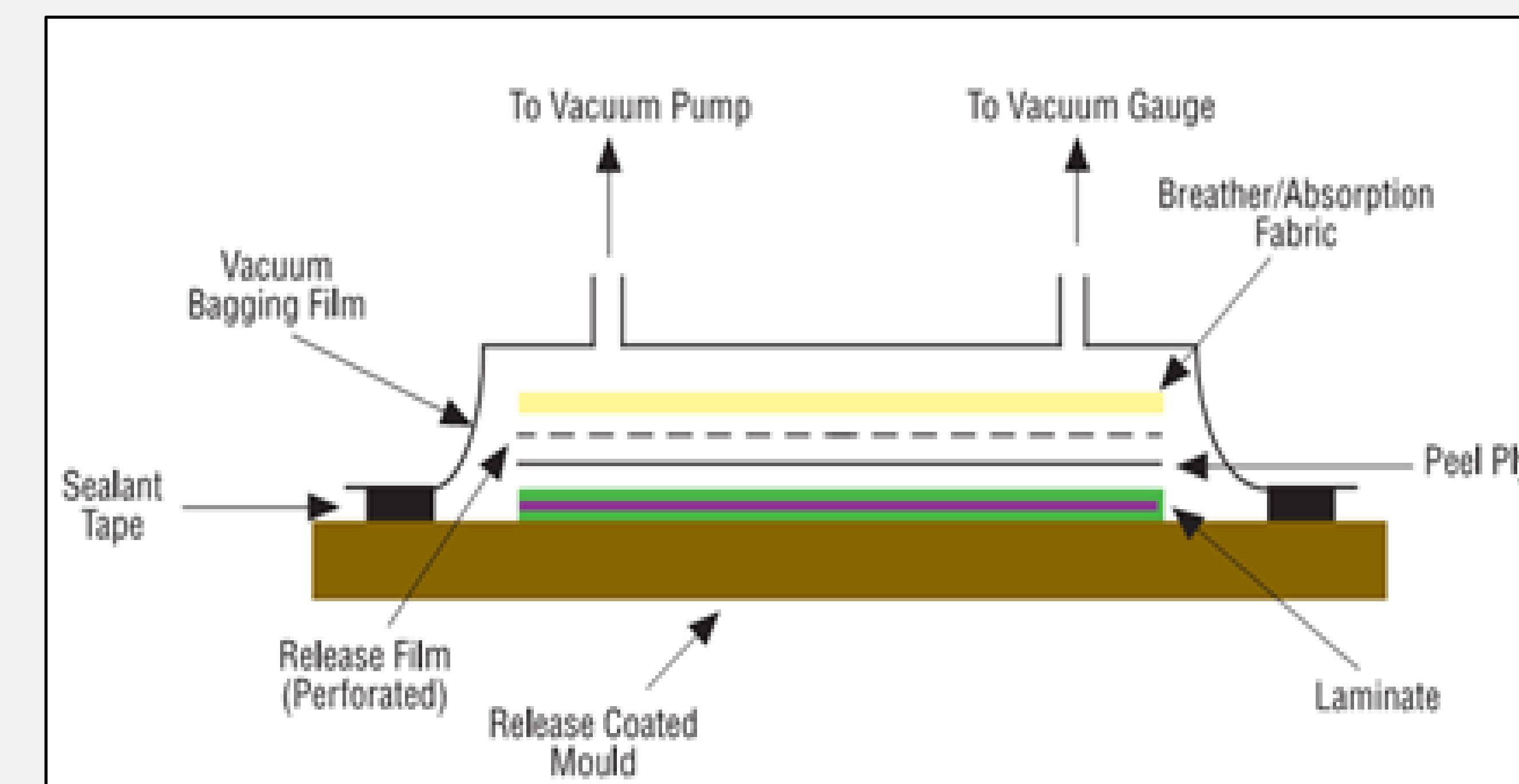
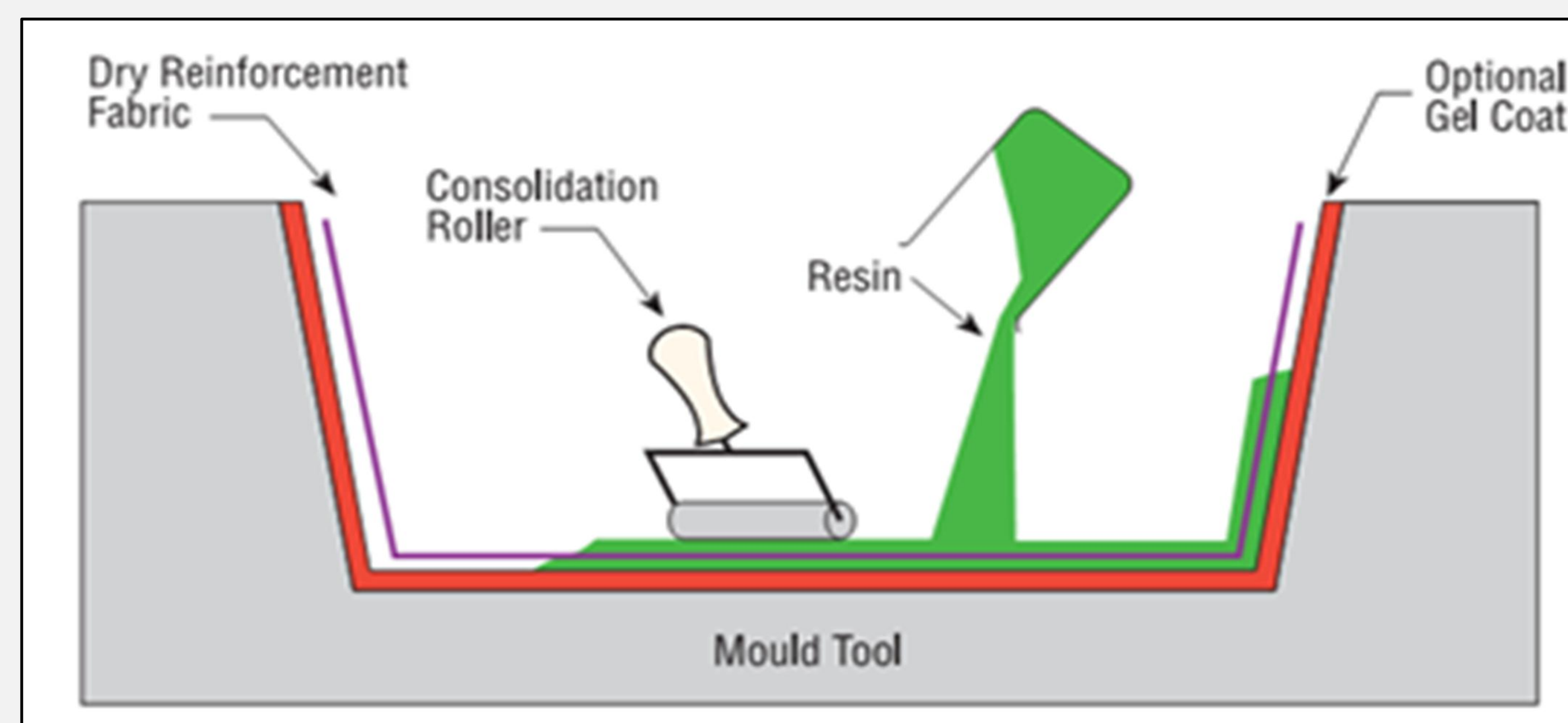
Tissu d'arrachage

Composite
Moule

Conception et réalisation

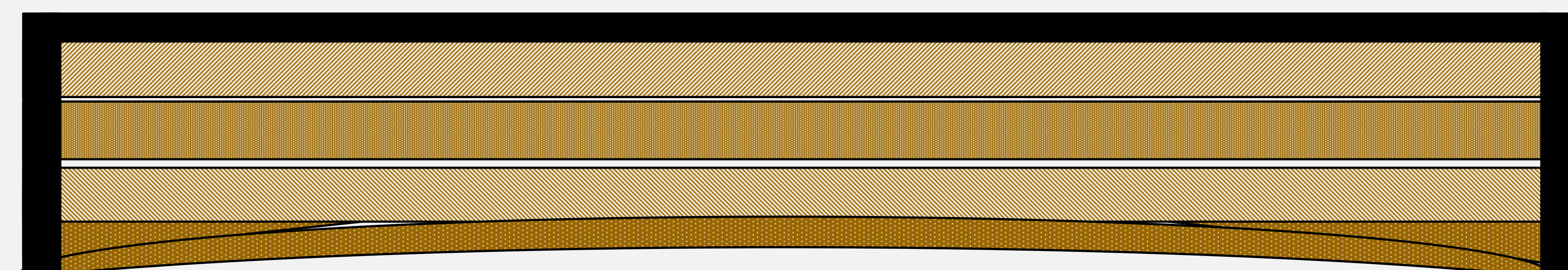
Mise en œuvre

Moulage au contact avec mise sous vide

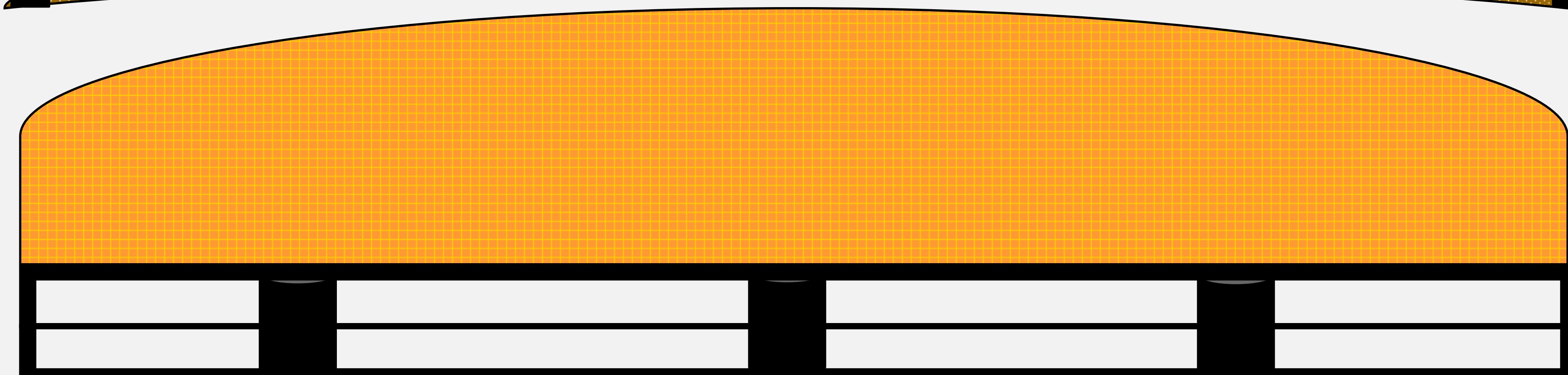


Conception: Modèle et Moule

Blocs de bois
Usinage MCN

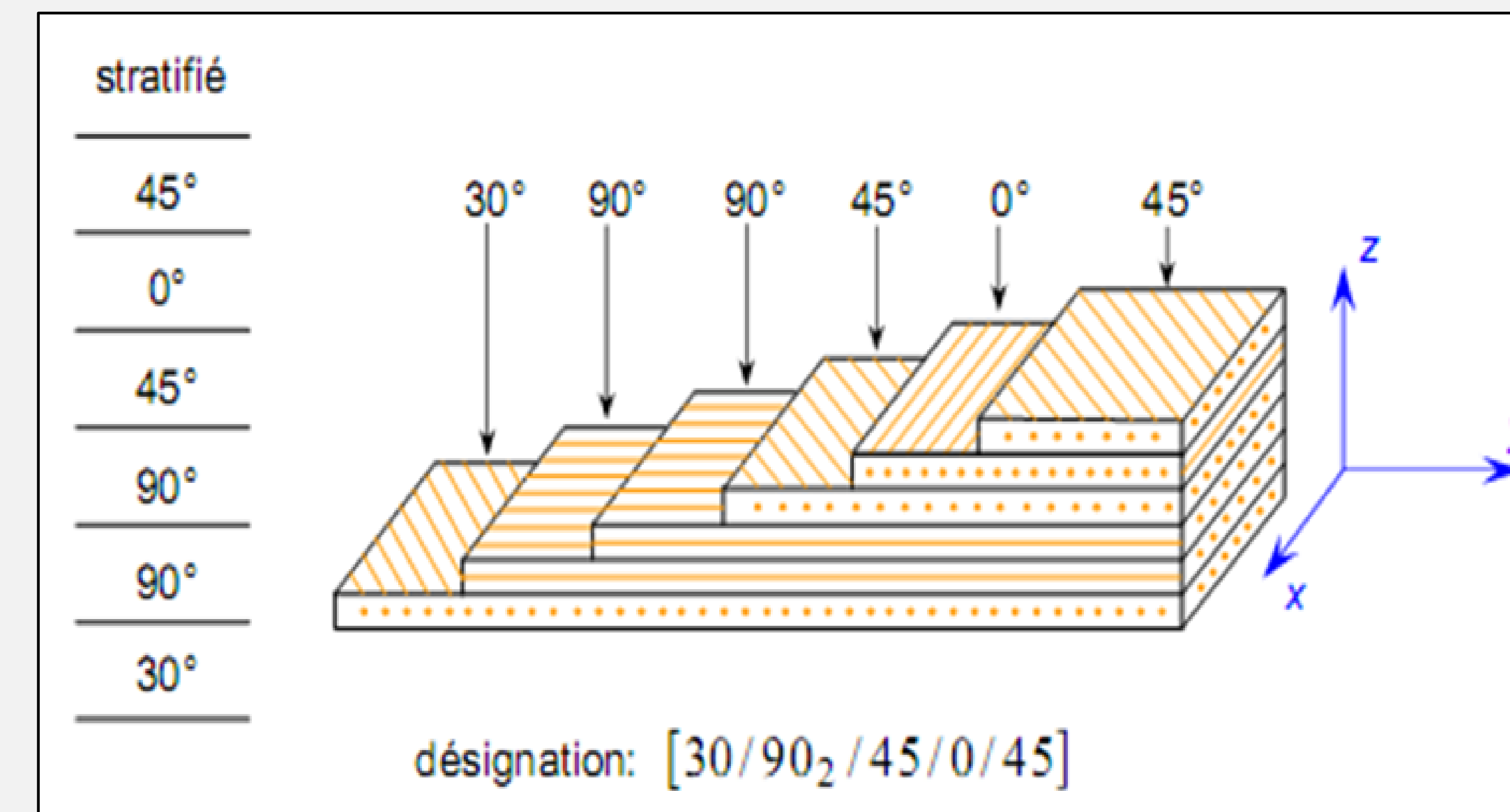
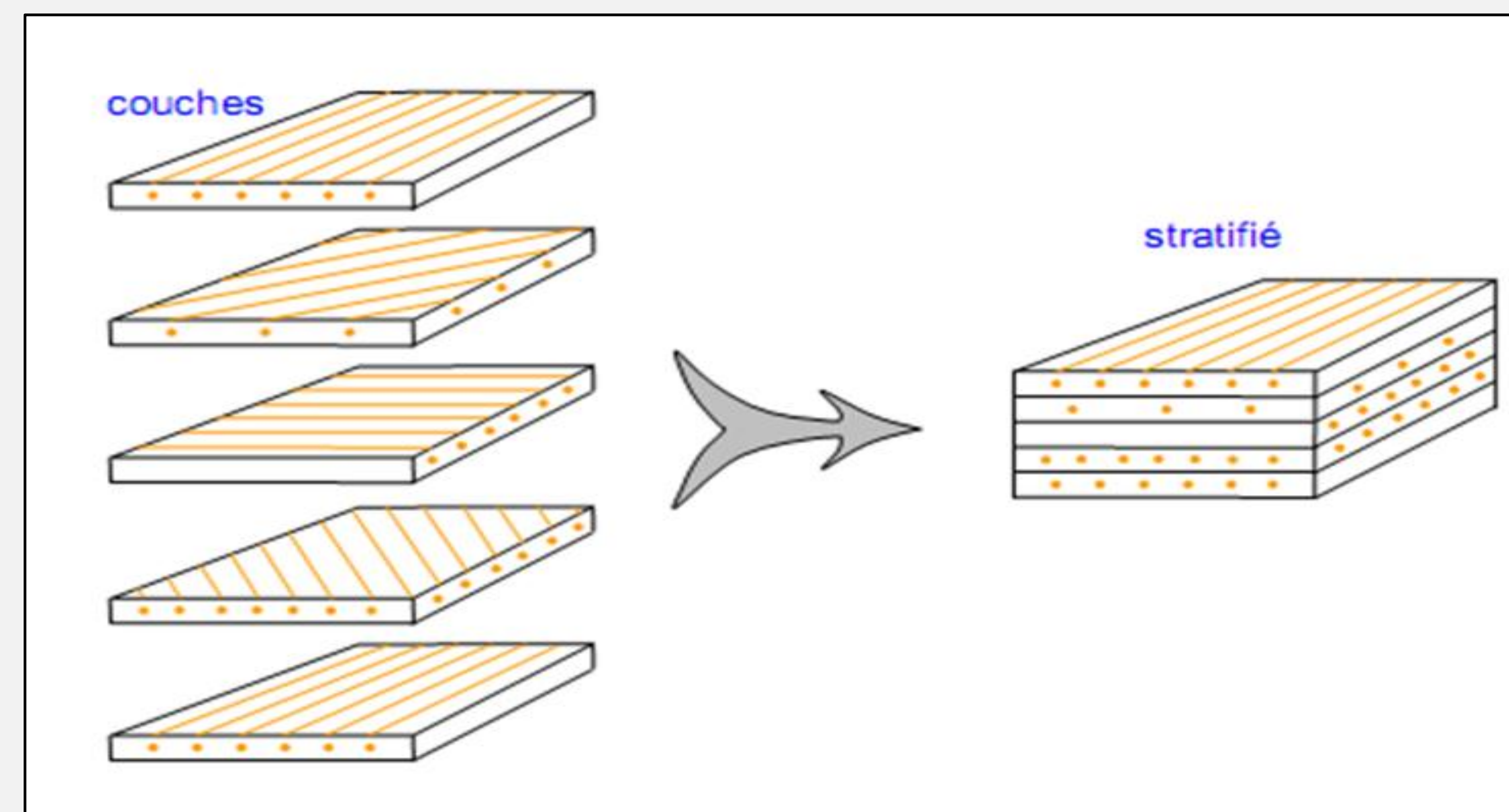


Moule



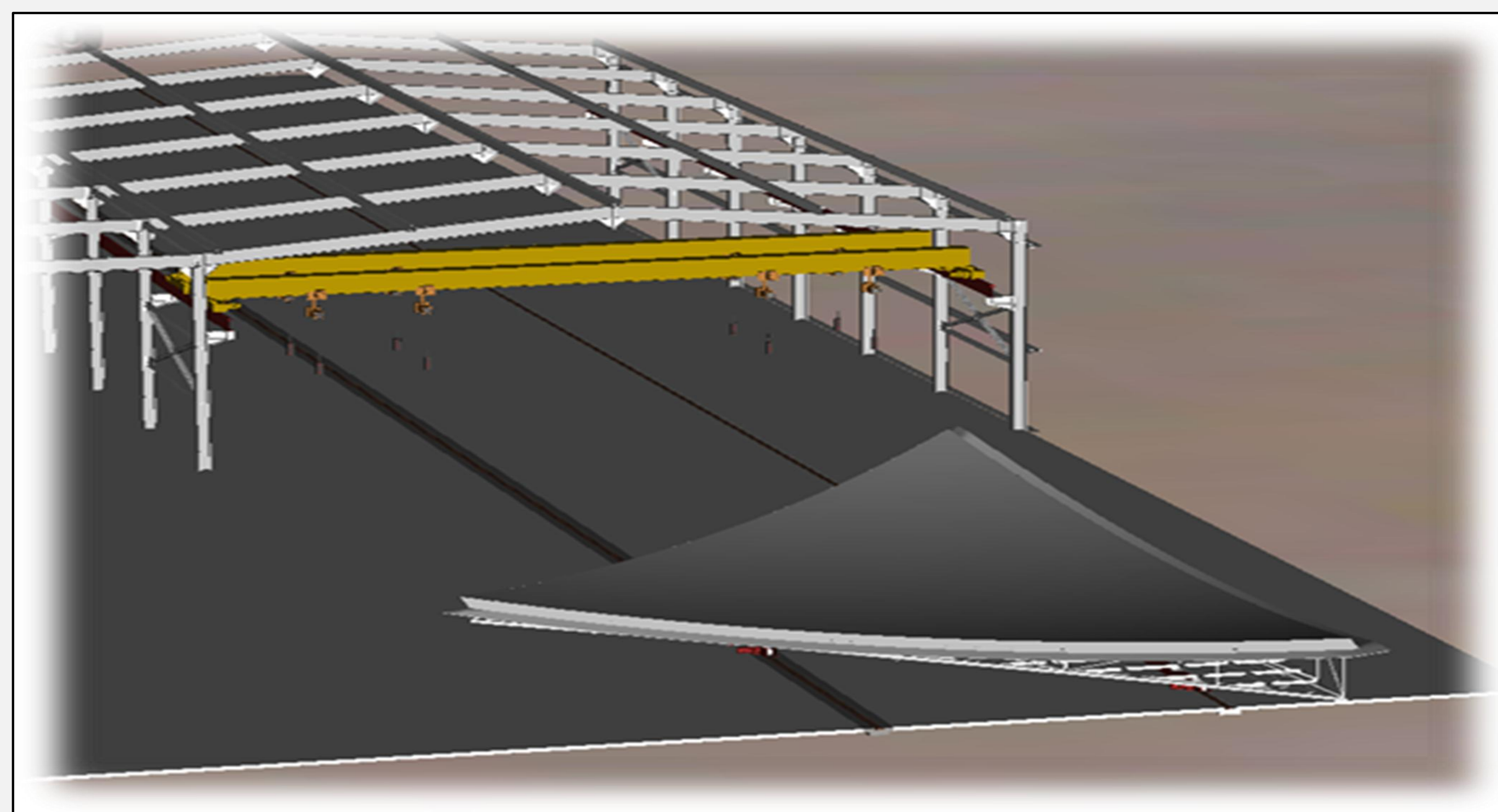
Modèle



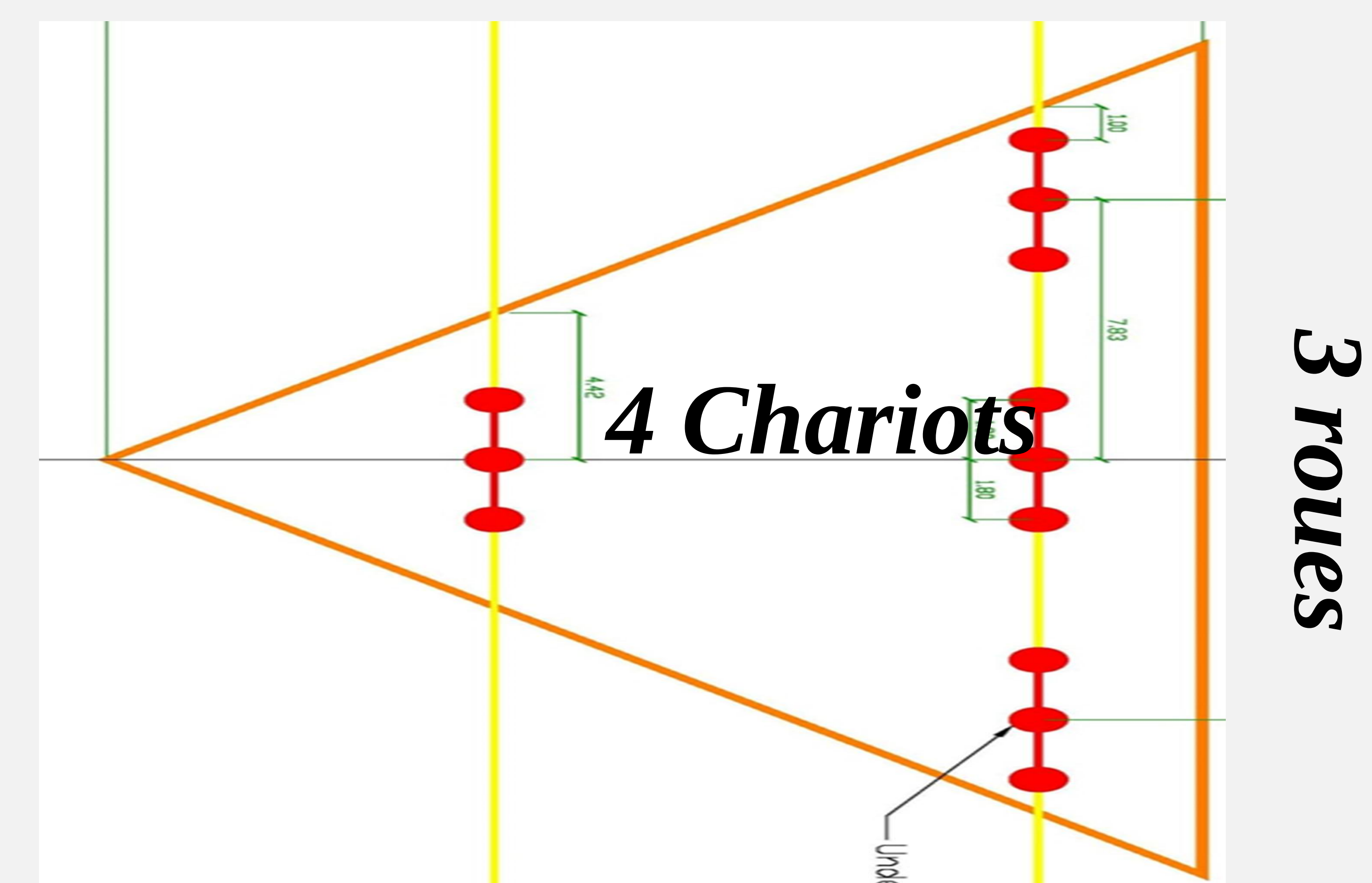


Moule = Structure stratifiée composée de plusieurs couches de fibres de verre / époxy

Support du moule = ***Structure métallique roulant sur deux rails***



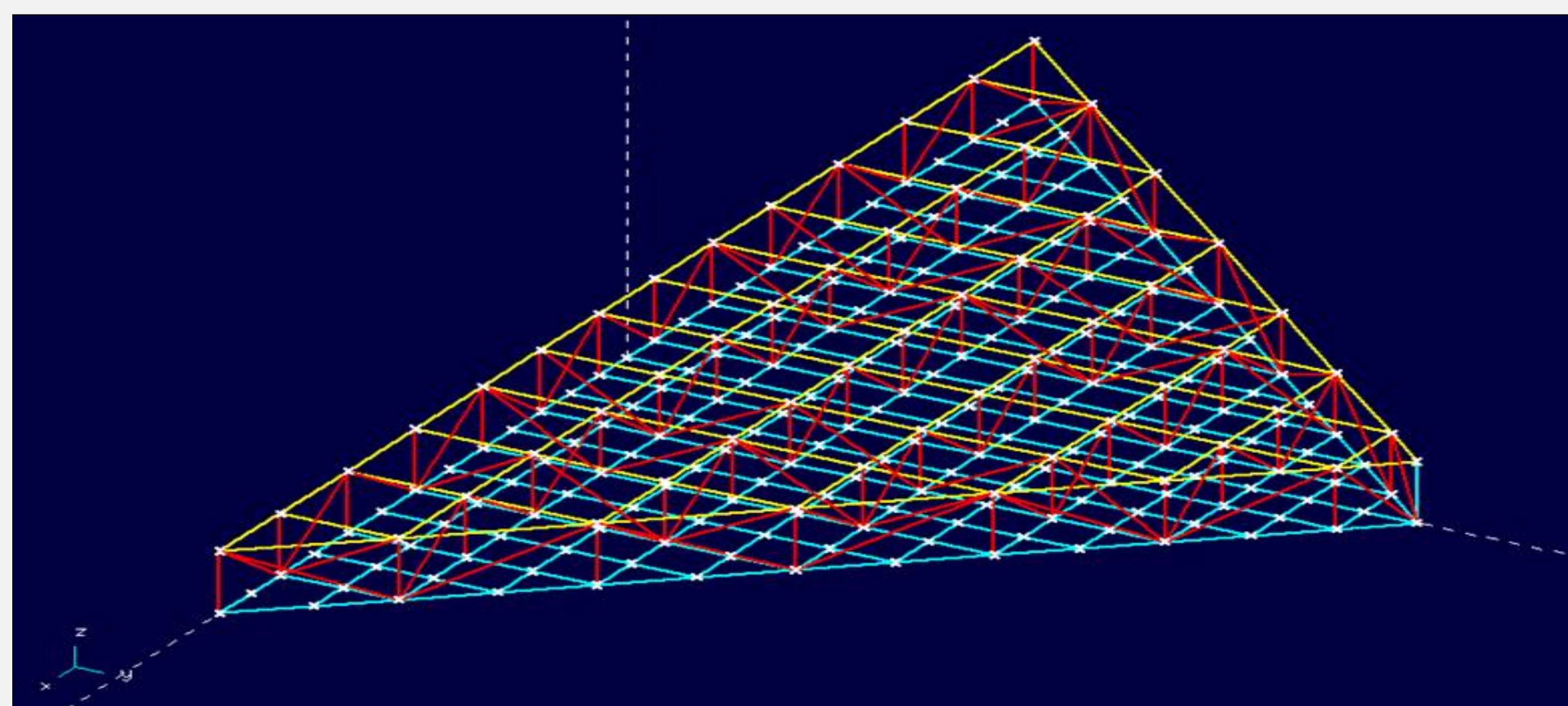
Moule sur support



Points d'appuis

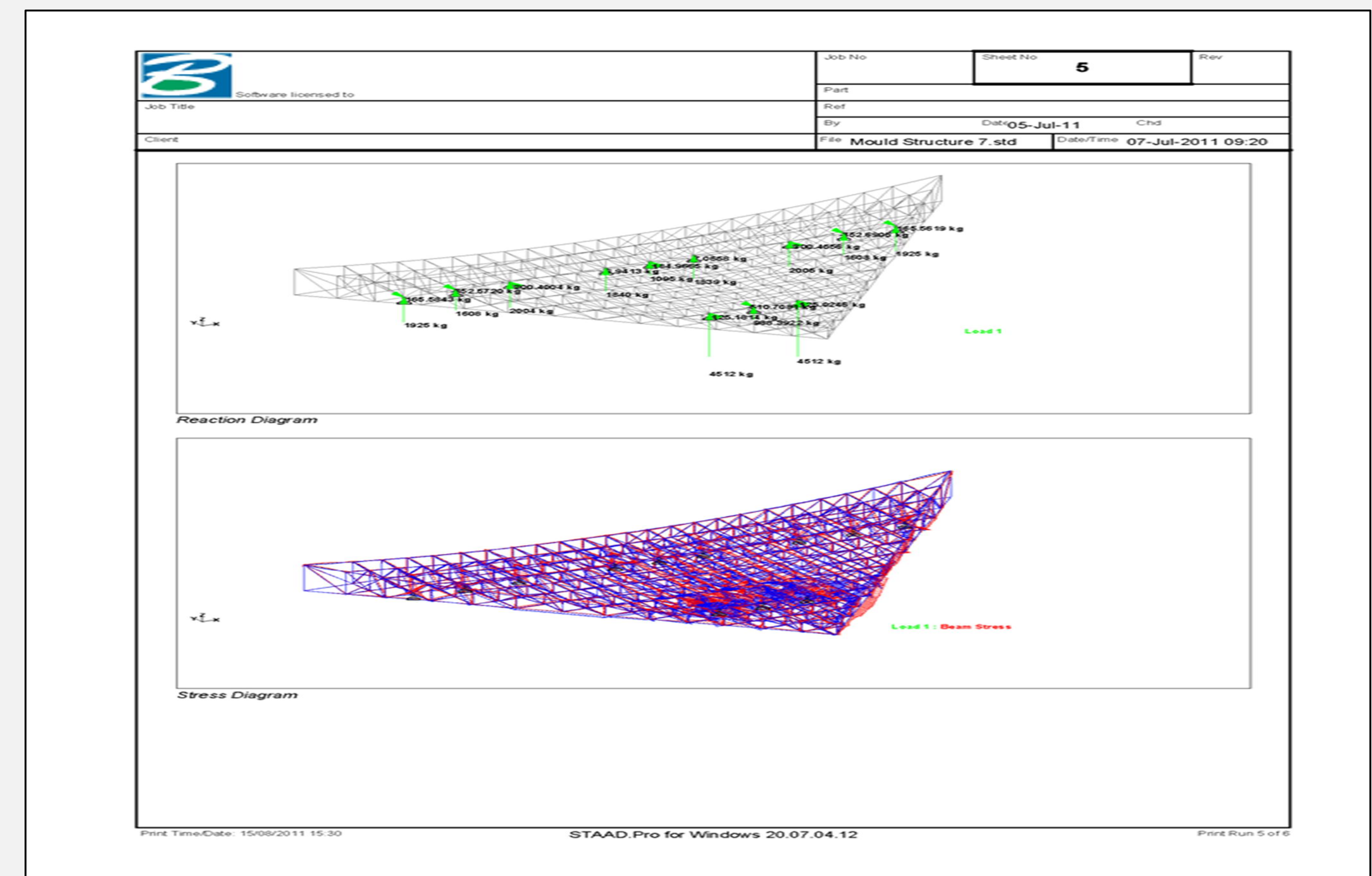
• Calcul numérique

Charge	Type
Poids du Moule	Charge Permanente
Poids du Panneau	Charge Permanente
Poids Propre	Charge Permanente
Charge de Service	Charge Variable



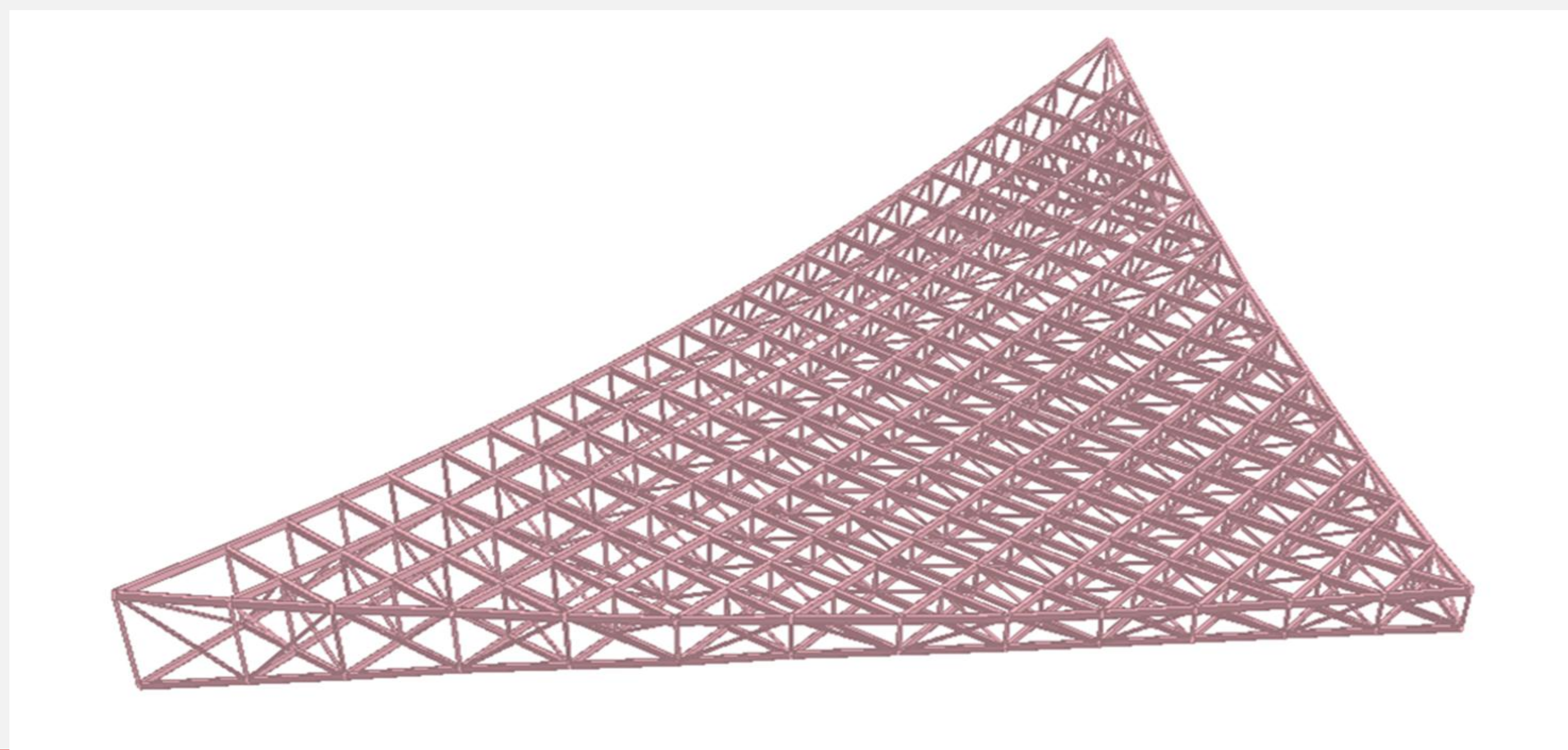
Module Ossature RDM6

Les charges appliquées



Dimensionnement des structures
STAAD

• Résultats du calcul et choix de la structure



**1) Ensemble de tubes
Métalliques**

2) Détermination:

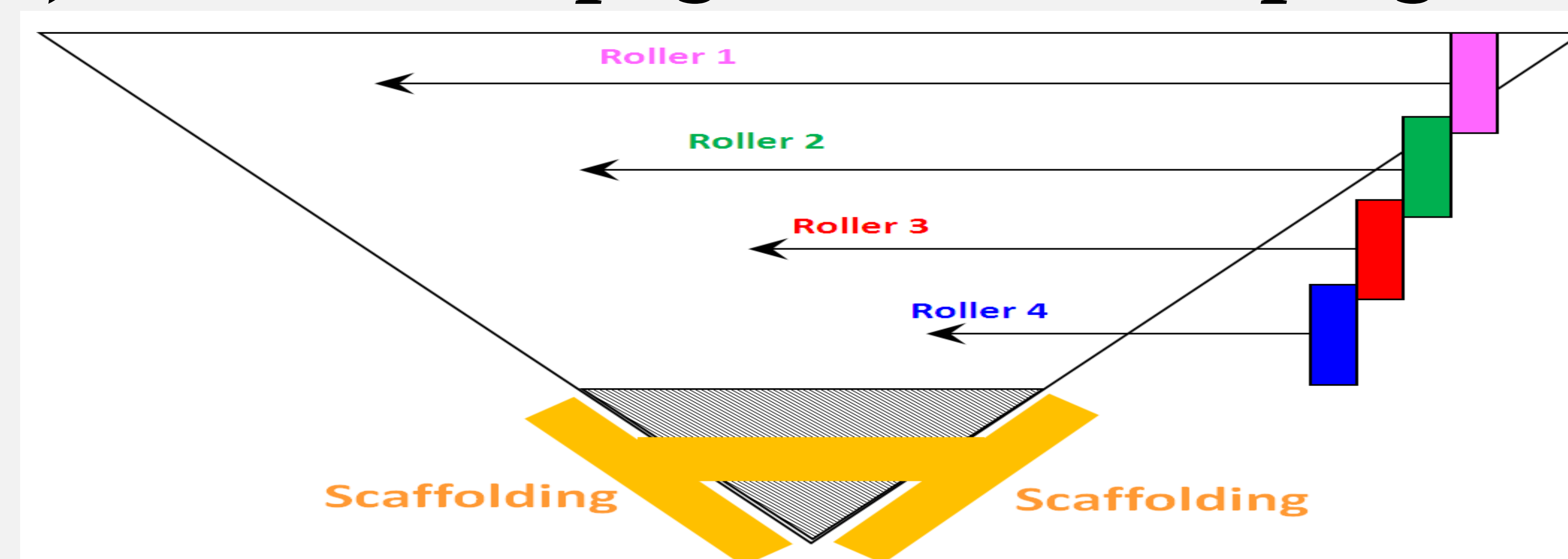
- Poids total
- Déformation max

Fabrication des panneaux

Mise en place

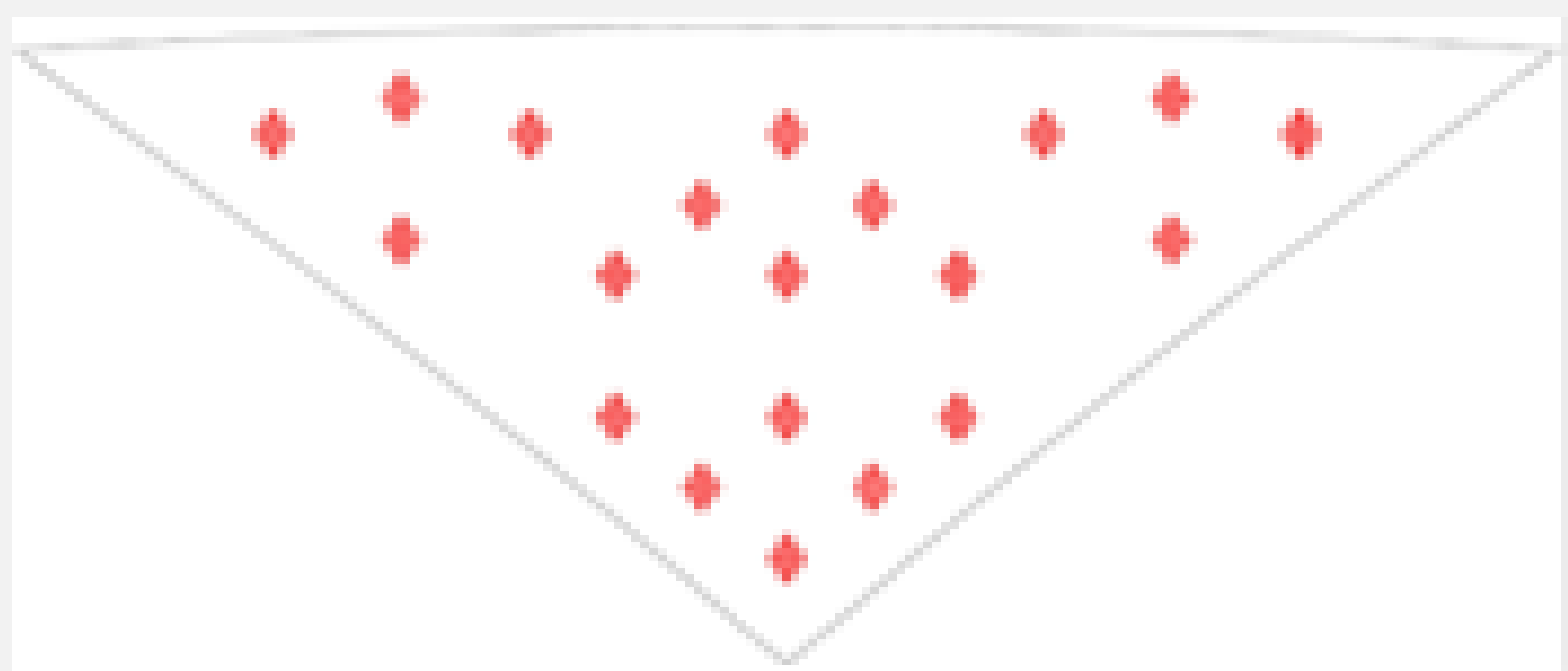
Côté 1

1) Plan de drapage de tissus imprégnés

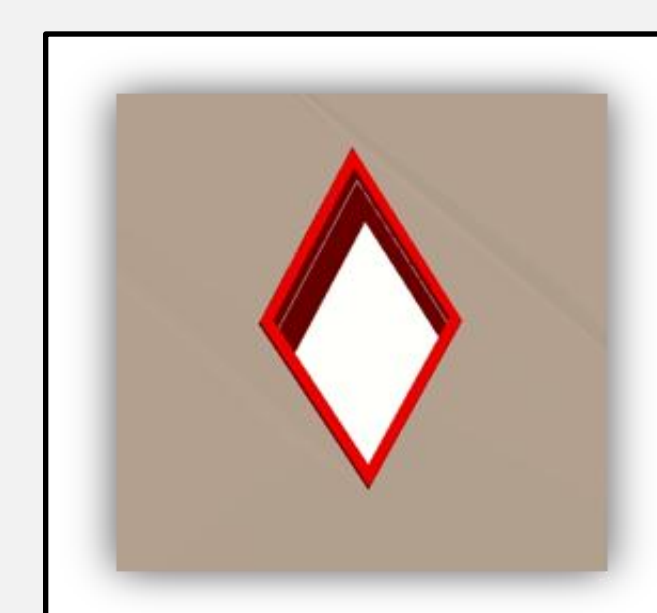


Largeur des tissus
= 2,5 m

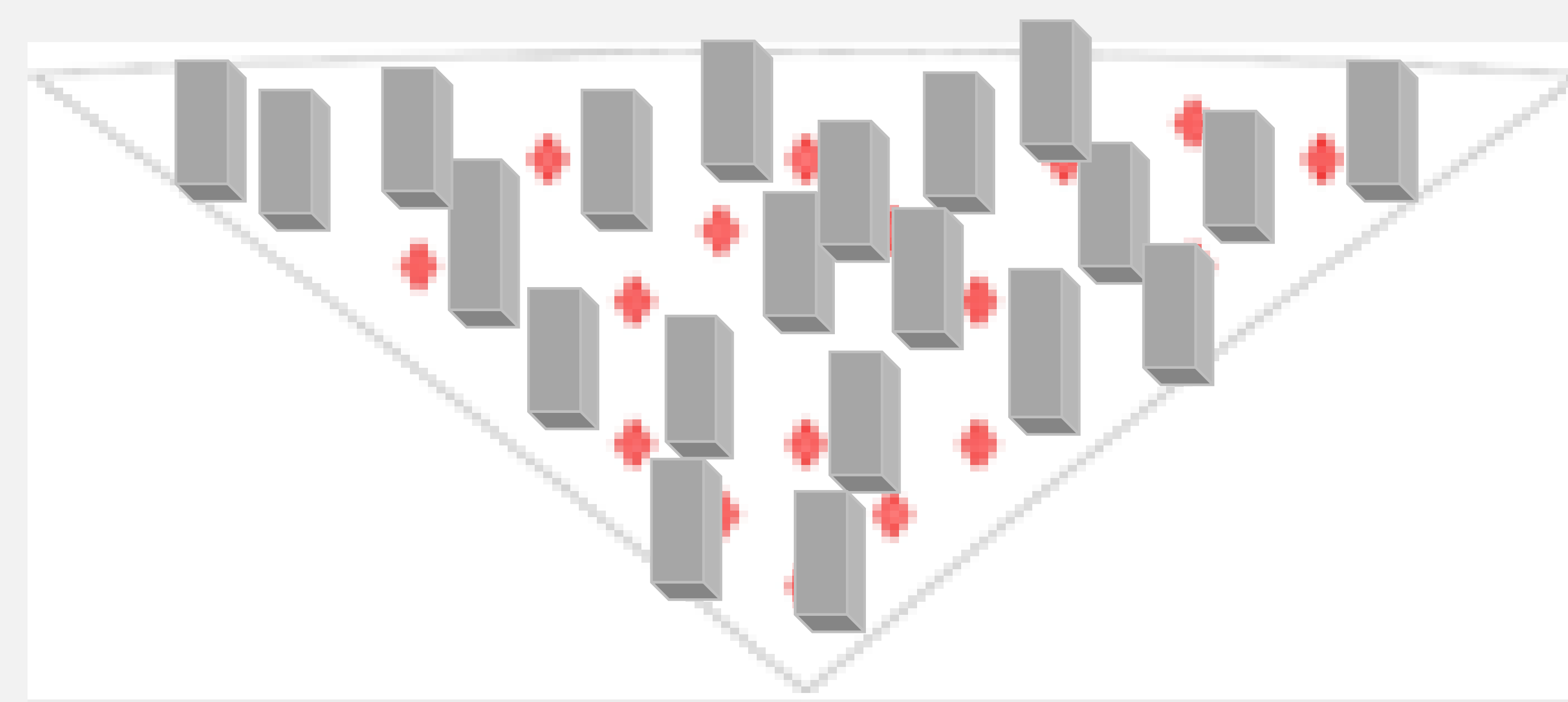
2) Réservations pour puits de lumière



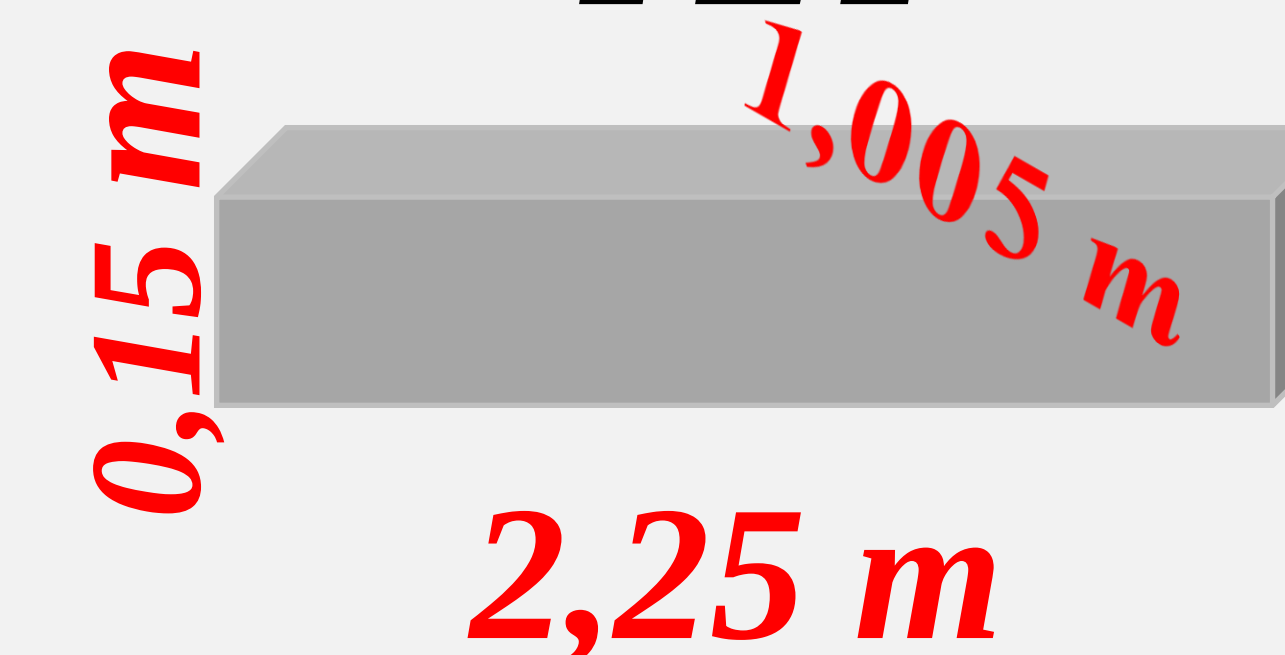
Ouverture



3) Ame en mousse PET

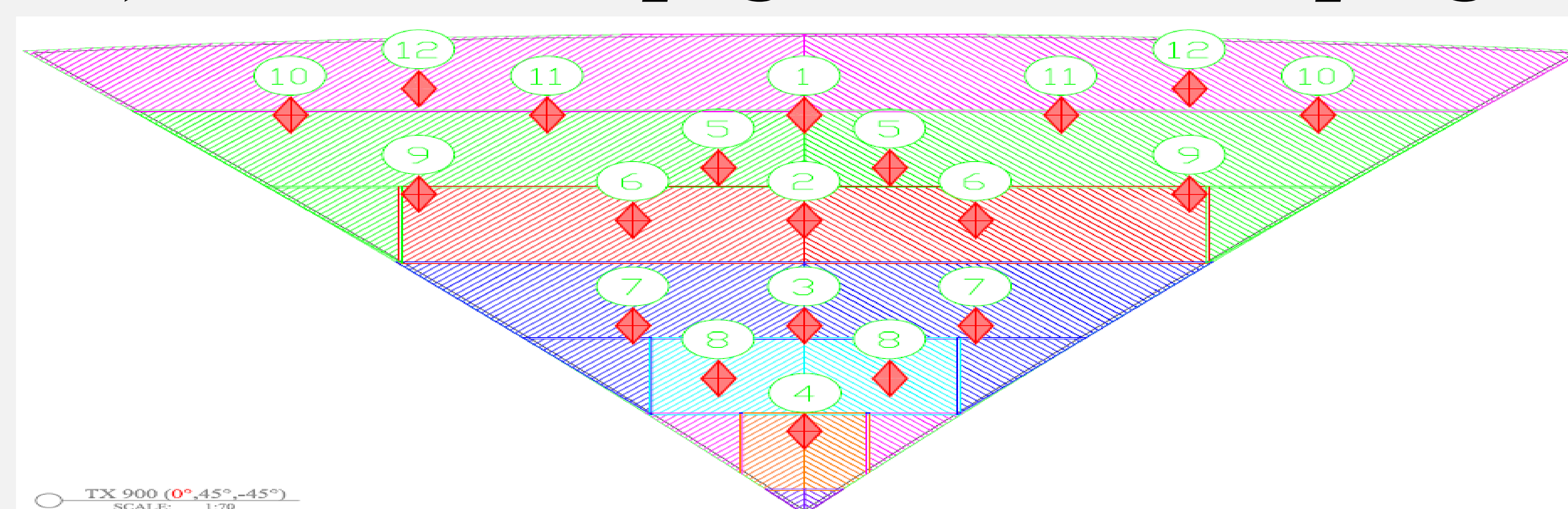


Blocs unitaires
PET



4) Plan de drapage de tissus imprégnés

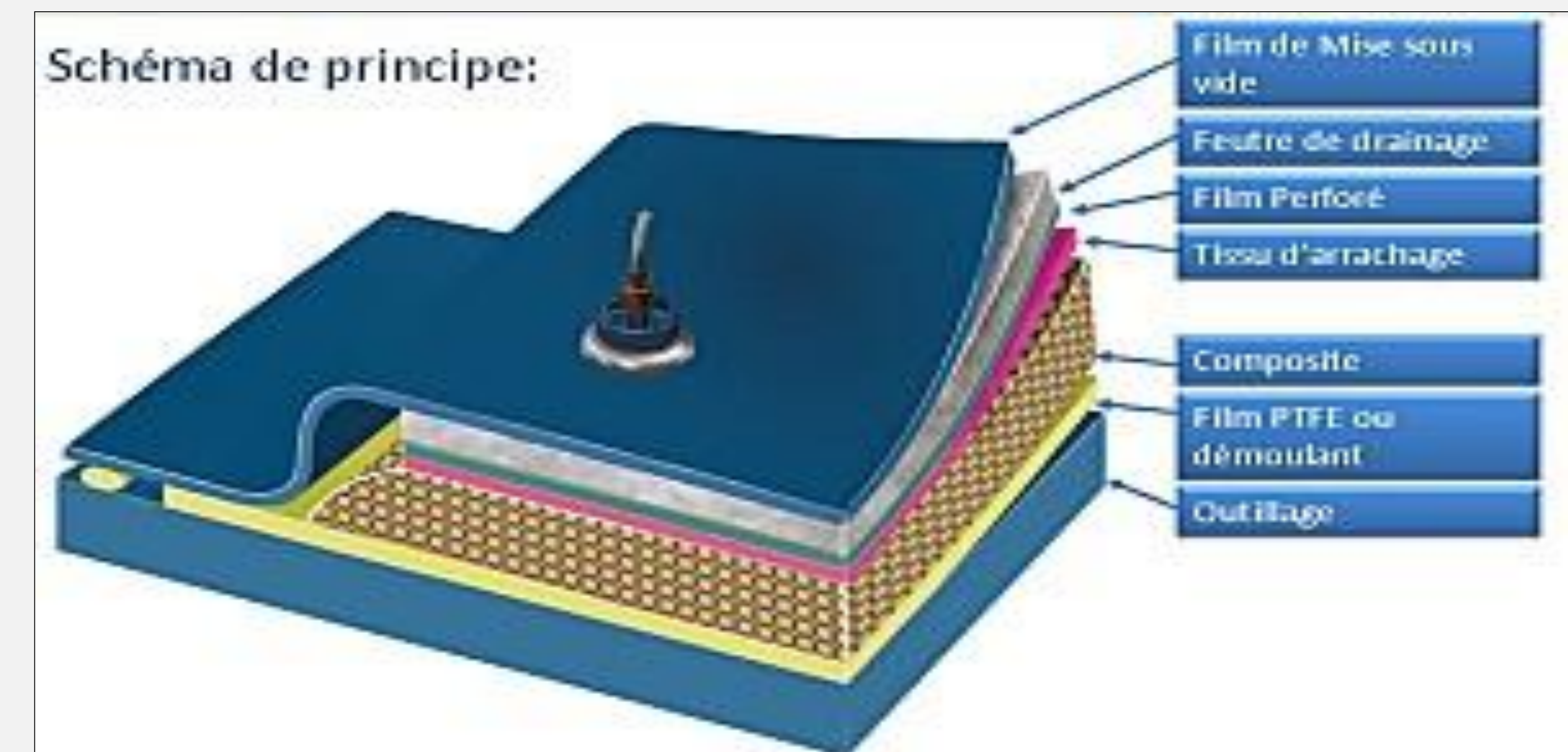
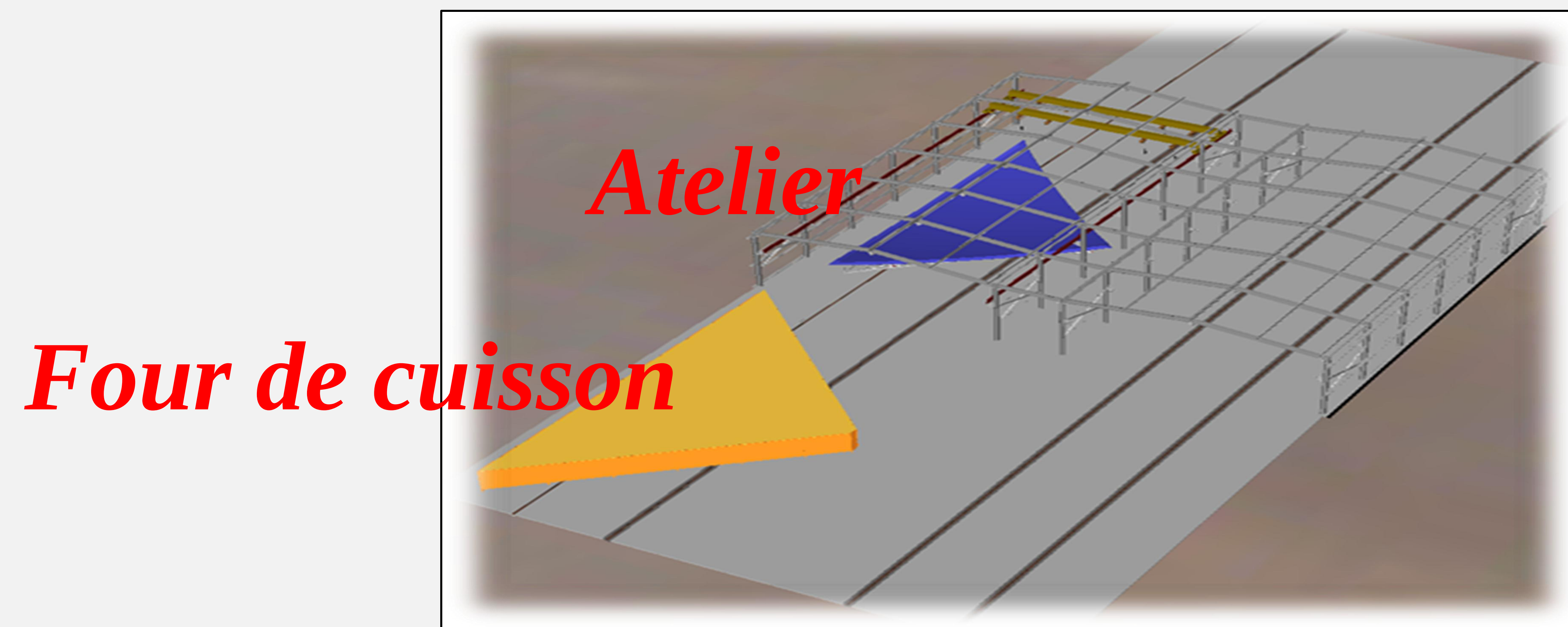
Côté 2



Largeur des tissus
= 2,5 m

Fabrication des panneaux

Cuisson



Atelier

Rouleaux des tissus + résine + ...
 Plate forme pour dérouler les tissus
 Pont roulant
 Imprégnateur
 Système de projection Laser

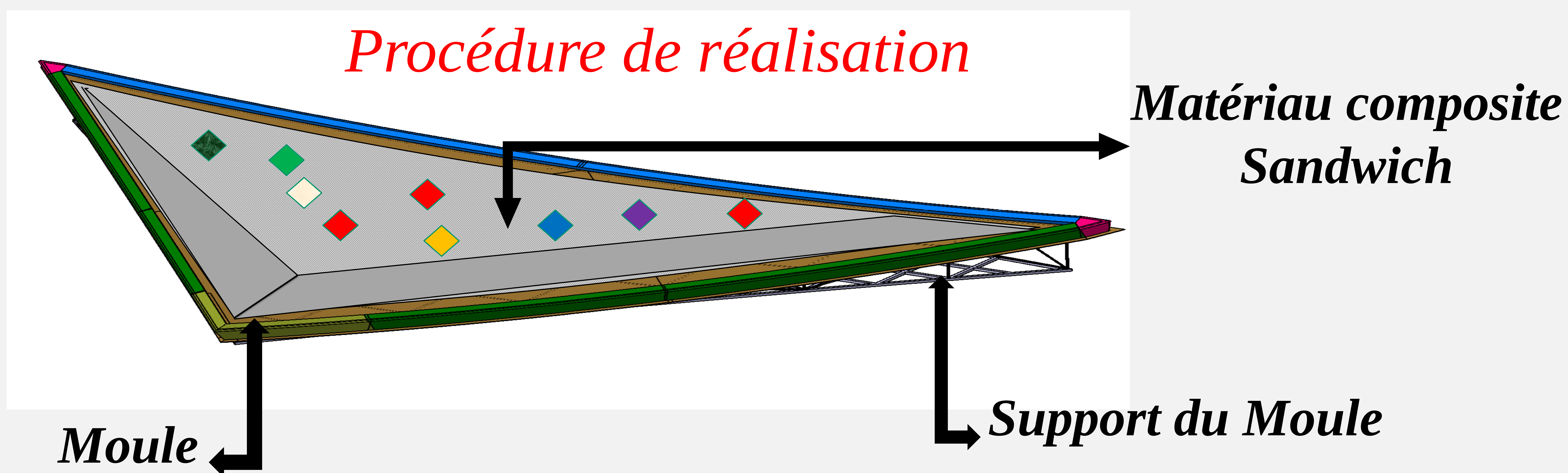
Four

Générateur d'air chaud

Tâche	Durée
Augmentation de la T° (50°- 80°)	60 min
Cuisson	300 min
Refroidissement (80°- 25°)	30 min
Retirer la bâche du vide	
Retirer des tissus du vide	

Production des panneaux

Cycle de production



Exemple de réalisation

Dôme en matériaux composites

- *Diamètre = 36 m*
- *Hauteur = 22 m*
- *Surface = 1970 m²*
- *Composition = 48 panneaux*

