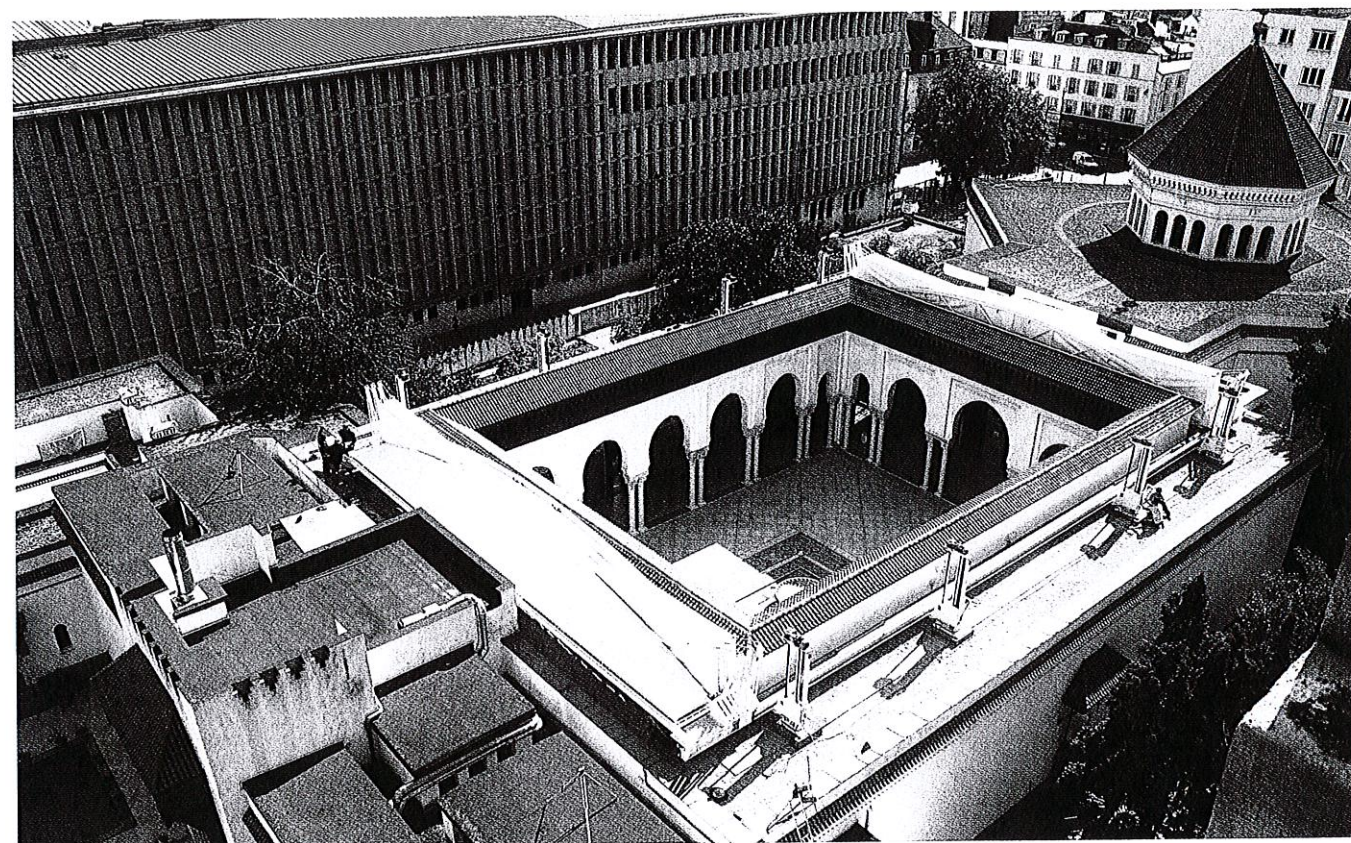


# Structure métallo-textile mobile pour la Grande Mosquée

À l'instar du stade de Lille, le patio de la Grande Mosquée de Paris peut maintenant s'affranchir des intempéries, grâce à la réalisation d'une couverture rétractable associant une membrane composite à une structure métallique.



Inscrite à l'inventaire supplémentaire des Monuments historiques depuis 1986, la Grande Mosquée de Paris (v<sup>e</sup> arr.) a été édifiée dans un style hispano-mauresque entre 1922 et 1926, à proximité du Jardin des plantes. Elle a fait l'objet de travaux qui – ayant débuté en décembre 2011, se sont achevés en juillet 2012 – ont porté sur la couverture du patio central.

La conception du projet a été conduite par la SCP Dubois Jeanneau architecte (78) et le bureau d'études AIA Ingénierie (75), pour un coût d'investissement s'élevant à 1,2 M€. D'une surface totale de 7 500 m<sup>2</sup>, l'édifice accueille une salle de prières, une madrasa (école), une salle de conférences, et des annexes comprenant notamment un restaurant, un salon de thé et un hammam, ainsi que des jardins d'inspiration arabe (3 500 m<sup>2</sup>). En son cœur, le patio, qui reçoit les fidèles les vendredis et jours de fêtes, se devait d'être protégé des intempéries pour

accroître le confort de l'espace. D'où la réalisation d'une toiture amovible à double courbure complexe de 29 m de longueur par 20 m de largeur qui est presque invisible une fois repliée, afin de respecter le plus possible l'architecture originelle.

## Système motorisé à géométrie variable

Cette couverture mobile se compose d'une membrane composite performante (Précontraint 1002 S2 de Serge Ferrari) formée d'un tissu de polyester à haute ténacité. Un matériau qui recèle d'autres atouts : hyperrésistance, insensibilité aux UV, légèreté et recyclable à 100%. Son traitement de surface, à alliages PVDF (PolyVinylidène Fluoride) et couches de vernis de finition, limite l'adhérence des salissures et pollutions. Et il participe à un apport important de lumière naturelle, grâce à son taux de translucidité de 8%. Sur le plan structurel, cette membrane de 580 m<sup>2</sup>

**MAÎTRISE D'OUVRAGE** Société des habous et des lieux saints de l'islam (75)

**MANDATAIRE DU MAÎTRE D'OUVRAGE** Icade Promotion (75)

**MAÎTRISE D'ŒUVRE** SCP Dubois Jeanneau architectes (78)

**BUREAU D'ÉTUDES** AIA Ingénierie (75)

**ENTREPRISES** Fournisseur membrane : Serge Ferrari (38)  
• Confectionneur : Spécial Textile (71) • Installateur structure métallique et motorisation : Normandie Structures (27)



**A et B** La structure métallo-textile apporte une protection efficace aux intempéries à cet espace d'accueil des fidèles, tout en laissant pénétrer largement la lumière du jour. (Doc. Adrien Paporello-AIA Ingénierie.)

**C** La couverture en position repliée est dotée de grands compas qui ont pour rôle de guider les pans de toiles fixés aux arcs en acier structurel, durant les manipulations d'ouverture et de fermeture. (Doc. Adrien Paporello-AIA Ingénierie.)

**D** Préfabriqués en atelier, les composants de la charpente en acier ont été livrés par camion et convoi exceptionnel sur le site, puis levés à la grue, pour être enfin mis en œuvre et assemblés. (Doc. Normandie Structures.)

est fixée sur une ossature métallique en acier protégé par un complexe à couche de protection polyuréthane. Elle est formée de neuf arcs en treillis soutenus par des rails mobiles. Afin de reprendre les 25 tonnes de la couverture, ces rails sont repris par huit poteaux fixés dans le plancher de la dalle de terrasse en béton du bâtiment, renforcée par des poutres noyées dans le mur extérieur. Les quatre arcs de la toiture mobile (18, 20 m de long et 1,70 m de haut) sont situés du côté nord et les cinq autres du côté sud, selon un pas de 3,75 m. Ce toit comprend deux parties actionnables qui se rabattent sur les ailes nord et sud du patio, selon deux types de manœuvres : l'ouverture et la fermeture. Celles-ci sont effectuées automatiquement durant une vingtaine de minutes, à partir d'une armoire de commande électrique. Cette dernière est pourvue d'un système sécurisé qui empêche toute inversion de manipulation : il est impossible de descendre la couverture lorsqu'elle est en place,

ou bien de déplacer les arcs quand les chemins de roulement sont en position basse. De plus, la toiture ne peut se mettre en marche qu'avec des vents inférieurs à 30 km/h. La réalisation de la structure est due à l'entreprise Normandie Structures qui a fabriqué en atelier les sept poutres planes et mobiles de 19,50 m de long, et les deux poutres tridimensionnelles des extrémités. Ces éléments ont été livrés par camion et convoi exceptionnel. Une première rangée de quatre poteaux et trois poutres en HEA 300 ont été montées, à l'aide d'une grue de 120 tonnes. Après divers réglages, cette opération a été répétée pour la seconde ligne de poteaux, suivie d'autres réglages et finitions. Ensuite, les deux poutres tridimensionnelles ont été posées aux extrémités, puis les poutres mobiles, avec une grue de 200 tonnes. Parallèlement, les électriciens ont travaillé sur les différents branchements. La charpente en acier achevée, l'installation des toiles a pu se dérouler. Ces différentes étapes de montages ont duré un mois. □ C.M. (•••)



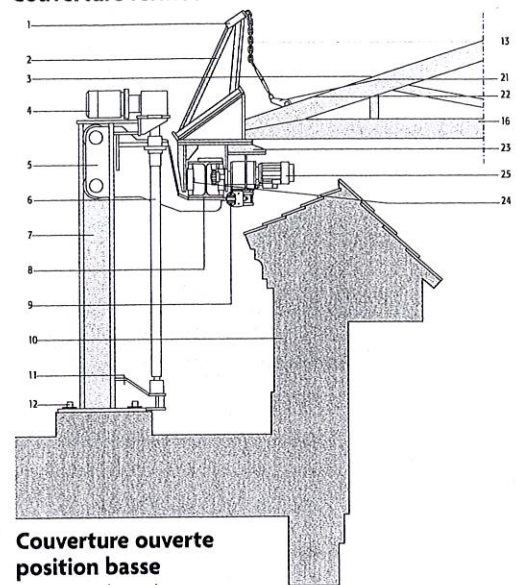
## Un système motorisé adapté

Le fonctionnement du système motorisé mis en place a été conçu par AIA Ingénierie en collaboration avec les architectes. La manœuvre d'ouverture de la couverture consiste à replier celle-ci en deux parties distinctes, sur l'extrémité d'un cadre métallique situé au niveau de la terrasse existante. Quatre arcs étant ramenés du côté nord du patio et cinq autres du côté sud. Ce cadre est fixé sur huit poteaux – à raison de quatre de chaque côté – par l'intermédiaire de consoles connectées aux piliers, par le biais d'un vérin électrique à vis équipant les pieds des arcs centraux de jonction.

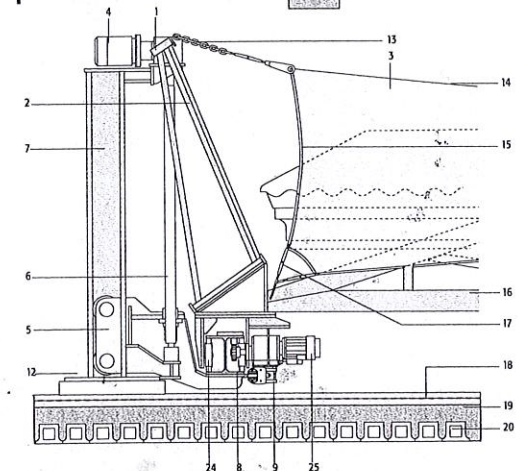
Lorsque ces vérins s'actionnent, ils soulèvent le cadre d'environ 2 m de haut, les parties longitudinales du cadre servant de chemins de roulement. Le premier mouvement achevé, le système s'arrête, tandis qu'un second mouvement démarre, avec le déplacement horizontal des arcs motorisés le long de ces chemins bloquant chaque demi-ouverture. Durant ce déplacement, le premier arc tire la toile reliant les arcs les uns aux autres, puis le second arc, et ainsi de suite.

La difficulté majeure du projet a résidé dans l'obligation que la toile ne descende pas en dessous du chemin de roulement ou des arcs supportant les modules de textiles. D'où l'installation de bras articulés ou pantographes posés en partie haute du dispositif et en pied d'arc, pour guider les voilures. Chaque compas articulé est muni d'un câble qui, arrimant la toile, soutient la couverture repliée. En revanche, quand la couverture s'étire pour se fermer, les arcs se déploient et s'écartent les uns des autres, les câbles perdent de leur tension et les toiles positionnées entre les arcs de support se libèrent et s'allongent. Les deux arcs motorisés se placent l'un en face de l'autre à 10-15 cm de distance et se rejoignent au centre, grâce à des vérins de liaison qui tirent les toiles et assurent la continuité structurelle de la couverture.

Couverture fermée



Couverture ouverte position basse

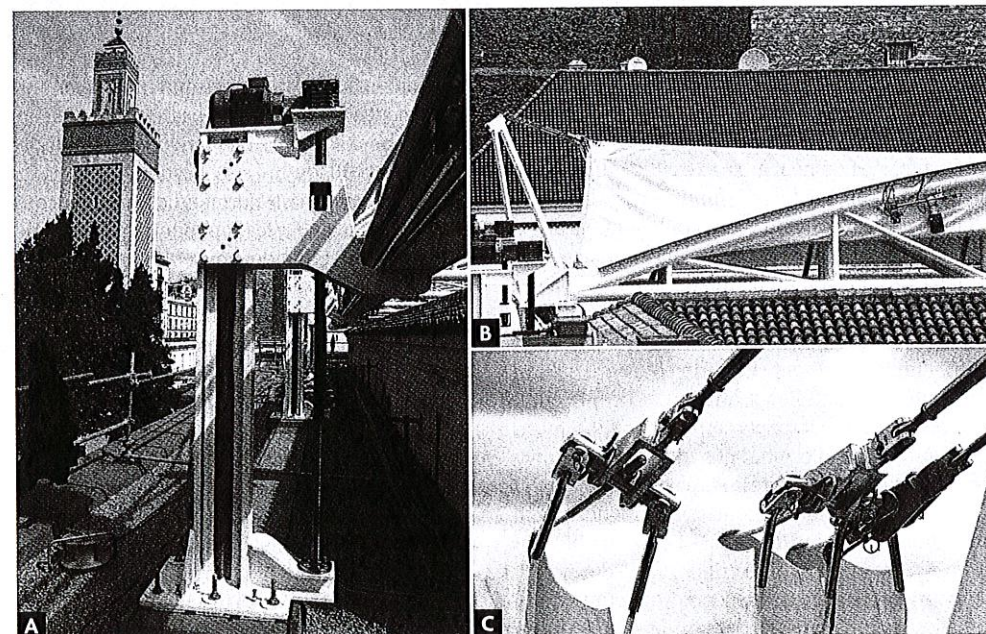


1. Axe en inox
2. Compas ou pantographe
3. Toile de couverture en tissu polyester enduit de PVC
4. Moteur du vérin à vis
5. Bras de levage
6. Vis de vérin pour levage
7. Poteau du mât de levage
8. Support de rail : profil HEB 300
9. Frein électro pneumatique sur arcs non-motorisés
10. Acrotère béton existant du patio
11. Console pour guidage vis
12. Boulons d'ancrage
13. Chaîne de suspente en inox
14. Câble porteur en inox de la toile (Ø 6 mm)
15. Câble de ralingue gainé (Ø 6 mm)
16. Arc de charpente en treillis soudé à tubes : membrures Ø 168 x 4,5 mm + diagonales Ø 0,73 x 3,6 mm
17. Ridoir court et articulé en inox sur câble de ralingue
18. Étanchéité
19. Chape de forme en béton
20. Plancher : voutains en briques alvéolaires et nervures en béton
21. Pièce en inox mécano-soudée
22. Câble de ralingue tendu
23. Support du moteur de translation
24. Galets de roulement en acier
25. Motoréducteur-frein : déplacement horizontal des arcs

**A** Lors de la manœuvre de couverture, les arcs métalliques entoilés s'actionnent grâce à un système motorisé qui, installé sur des chemins de roulement et des rails, se déplace horizontalement. (Doc. AIA Ingénierie.)

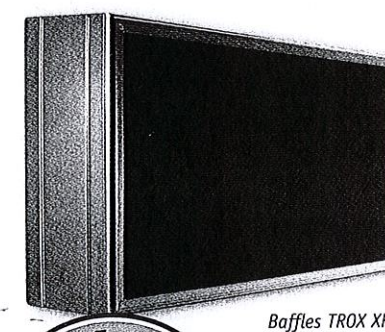
**B** Lorsque le patio est laissé à l'air libre, les arcs en acier sont repliés mécaniquement de chaque côté du lieu (nord et sud), tandis que les pans de toiles sont libérés et non-tendus. (Doc. Adrien Paporello/AIA Ingénierie.)

**C** Les parties en textile de la couverture, surmontant les arcs transversaux, sont fixées à des bras articulés ou pantographes, par l'intermédiaire d'un accastillage relié à des câbles de tension. (Doc. Adrien Paporello/AIA Ingénierie.)

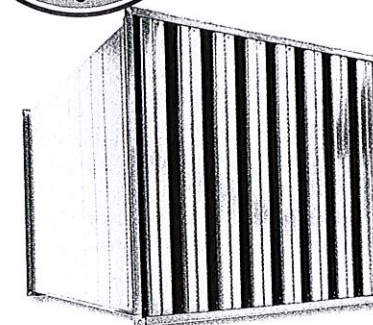


Nouveauté 2013 : baffles et silencieux TROX dédiés au désenfumage

Certifiés 400 °C / 2 heures



Baffles TROX XKA



Silencieux TROX XSA

La gamme acoustique TROX a su s'imposer sur le marché grâce à ses performances en matière de flexibilité, d'hygiène, de confort et d'efficacité énergétique. Elle devient aujourd'hui incontournable car garantie pour un usage dans les gaines de désenfumage.

### Avantages de la gamme acoustique TROX

- Grande flexibilité des projets en raison des nombreuses exécutions possibles (basses, moyennes et hautes fréquences, épaisseurs 100 à 300 mm, acier galva ou inox, etc.)
- Économie d'énergie élevée par la réduction de 30% de la perte de charge liée à la structure aérodynamique du cadre du baffle
- Baffles et silencieux dédiés au désenfumage (certifiés 400 °C / 2 heures). Non-inflammables suivant l'Euroclass NF EN 13501-1 (classement A2 équivalent à M0)
- Laine minérale revêtue d'un surfaçage en tissu de verre, garantie norme hygiène VDI 6022 : sans risque pour la santé, biodégradable, aucune émission de particules, aucun développement possible de micro-organismes
- Sélection de l'ensemble de la gamme acoustique grâce au logiciel TROX Easy Product Finder

**TROX**® **TECHNIK**

The art of handling air

www.trox.fr