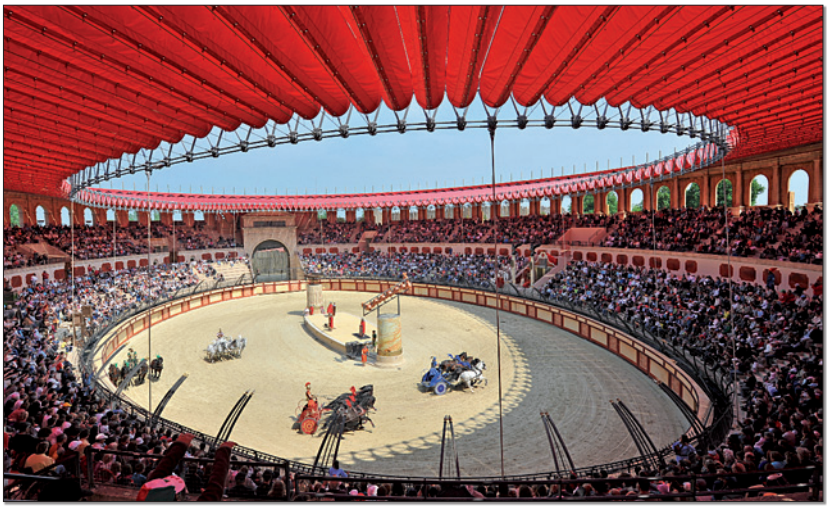
# Un travail de romain au XXIème siècle

Dessines-le et construis-le ! C'est quasiment en ces termes que les responsables du Puy du Fou ont demandé à la société SDEI Ouest de recouvrir le Colisée du parc de loisirs d'un authentique vélum romain de 110 m de diamètre. Un projet qui mêle architecture, histoire et numérique...

Le Puy du Fou en Vendée attire chaque année 1,5 million de visiteurs. Le parc d'attractions dispose d'un Colisée romain qui accueille plusieurs spectacles quotidiens, dont une course de chars... En 2007, les responsables souhaitent le recouvrir d'un vélum, à l'identique de ceux que l'on trouvait sur les arènes romaines il y a 20 siècles ! Un projet ambitieux, totalement innovant, qui faillit d'ailleurs capoter lorsque l'Apave remit en cause des hypothèses de calcul, avant de donner finalement son feu vert. Le vélum est aujourd'hui intégré à la scénographie du spectacle et protège les 6000 spectateurs des rayons du soleil. Une véritable prouesse technologique pour la PME qui s'est chargée de son développement.

SDEI Ouest est une entreprise d'un peu plus de 50 salariés qui appartient au groupe Reorev. Sa spécialité : la conception et la réalisation de machines spéciales, ainsi que l'étude technique dans les domaines du calcul numérique, de l'électricité, de la plasturgie ou encore les automatismes. Une polyvalence qui la désignait logiquement pour ce projet. Elle s'est néanmoins entourée de deux autres PME pour lancer en 2009 les études de faisabilité. Abaca pour son expertise dans le domaine des toiles techniques et Meteodyn pour l'analyse des effets du vent sur la construction. Le CTICM (Centre Technique Industriel de la Construction Métallique) sera également de la partie pour assurer l'expertise du système.



**Le Vélum romain surplombant le Colisée du Puy du Fou dans sa position déployée.**

Souvent choisi pour élaborer et fabriquer des moutons à cinq pattes, SDEI Ouest fut, dès le départ du projet, confrontée à une difficulté : personne depuis 2000 ans n'avait construit un velum romain ! Et rares sont les représentations de ce ciel de tissu mobile. D'autant plus que les contraintes étaient fortes, notamment en termes de sécurité et de délais. Le dispositif devait en effet répondre à la règlementation des établissements recevant du public, être déployé en moins d'une minute et résister à un vent continu de 38 km/h dans sa position déployée. Enfin, le velum devait être pleinement opérationnel le 13 avril 2011, et bien entendu respecter totalement l'architecture historique.

Pour son étude, la PME de Cholet s'est appuyée sur les travaux d'un ingénieur à la retraite passionné par le sujet,

et qui avait démontré sa faisabilité plusieurs années auparavant. Le résultat est une structure de fils d'acier disposés en deux cerces concentriques de 110 et 80 m de diamètre respectif. La cerce intérieure est suspendue par la traction exercée par de multiples câbles partant de la cerce extérieure, comme les rayons d'une roue de vélo. Des systèmes d'entrainement par cabestan assurent le dépliement/repliement des 5500 m² de toiles du vélum. « *Lors de sa construction, l'arène n'a pas été prévue pour supporter les 140 tonnes du vélum et les effets latéraux du vent. Nous avons dû inventer un concept d'appui innovant pour contourner la difficulté. Celui-ci absorbe d'une part les dilatations de la structure métallique sans contraindre le génie civil, et d'autre part transforme les effets horizontaux du vent en appui tangentiel sur les murs* » détaille Brunot Fradet, gérant de SDEI Ouest.

Le numérique a été largement mis à contribution dès les premières esquisses du projet. La PME vendéenne utilise une large panoplie d'outils de CAO et de calcul numérique. C'est SolidWorks qui a été choisi comme plateforme de travail. « *Le logiciel est convivial et intègre des outils d'analyse numérique qui nous ont permis de lancer très tôt des études de pré-dimensionnement* » explique Yves Biret, responsable Conception Produits et Calcul. « *SolidWorks Simulation a été utilisé pour des calculs de structure en statique non linéaire avec gestion des contacts pour tous les éléments d'assemblage. Un outil indispensable pour optimiser la géométrie des pièces, diminuer leur poids, tout en améliorant leur tenue aux efforts.* »

La modélisation a été réalisée en 3D à partir des plans DXF de l'architecte des arènes. Elle a servi de base pour l'étude en soufflerie numérique assurée par Meteodyn. Quatre directions de vent on pu être modélisées, en transitoire sur 10 secondes, tout en prenant en compte la topographie sur un rayon de 7 km autour du stadium. 28 situations d'efforts extrêmes ont été extraites de ces simulations pour dimensionner la structures à câbles du vélum.

**Gros plan sur l'une des attaches de la cerce intérieure.**

Toute l'étude géométrique a été faite en 3D sous SolidWorks. Des revues de projet étaient organisées régulièrement avec le client et l'architecte. « *Et ce même modèle permettait de communiquer avec nos sous-traitants pour fabriquer les 8800 composants du dispositif. D'ailleurs, le dossier de définition du projet repose totalement sur le modèle 3D* » souligne Bruno Fradet. Seule « entorse numérique » au projet, une maquette échelle 1 d'une portion du vélum pour étudier le comportement de la toile lors de son déploiement, et valider son système breveté d'actionnement.

Moins de trois mois ont été nécessaires pour fabriquer, poser et rendre le vélum opérationnel au jour dit. Pour Bruno Fradet, « *une des difficultés de ce projet a été de recourir à des expertises, internes ou externes à notre entreprise, dans de nombreux domaines. Nous avons dû intégrer toutes ces problématiques, parfois contradictoires, faire se comprendre des gens de métiers très différents. Tout au long du projet, les visuels 3D et les plans générés nous ont permis d'échanger avec tous les interlocuteurs afin de retenir les conceptions les mieux adaptées au projet. Enfin, les outils de simulation nous ont permis de réaliser de nombreux tests virtuels, avec une grande réactivité pour conserver des solutions optimales en termes de ratio performances/coût.* » ▮

**La modélisation numérique a été largement utilisée notamment pour diminuer le poids des pièces d'assemblage tout en élevant leur résistance mécanique.**