

# ARENES DE NÎMES COMME AUX SIECLES DES CESARS.

**Ce diaporama vise à prouver combien il serait facile et peu coûteux de doter la France d'un monument pas moins emblématique et unique au monde que sa tour Eiffel.**



La photo de gauche est prise lors d'une conférence à Nîmes le 1er octobre 2007. On y voit le célèbre archéologue Jean-Claude Golvin observant attentivement le déploiement et le repliage du velum d'une première maquette du génial ingénieur des Arts et Métiers René Chambon.

Un clic sur le lien <https://www.youtube.com/watch?v=6os-tluqhnQ> donne à voir un reportage de 2 minutes de FR3 Nîmes du même jour soulignant déjà l'idée de la direction du Puy du Fou de pouvoir faire idem en plus grand sur ses arènes vendéennes de 2001. Pari gagné en 2011.

La photo de droite est la première vue d'une vidéo à voir sur le lien <https://www.youtube.com/watch?v=fAQkBSF17fE>. Un film de 4 minutes de fin août 2019, dédié à une deuxième maquette de René Chambon, plus élaborée. Très instructif !

Ce lien <http://velumnimes.fr/vid/article2013.pdf> donne à lire un article pleine page du quotidien régional Midi Libre de juillet 2013. Il m'a immédiatement valu 5000 visites de mon site <http://www.velum-colisee.com/> qui y était mentionné. Des témoignages parmi d'autres qui rendent compte de l'intérêt pour la redécouverte d'une sidérante invention d'il y a 2000 ans.



# LES ARENES DE NÎMES AUJOURD'HUI

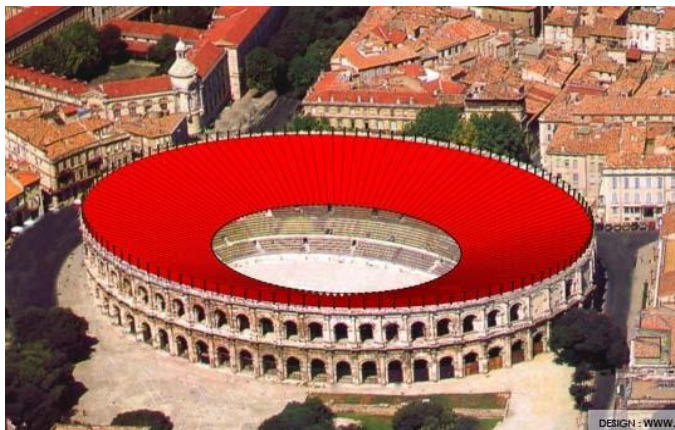
**une jolie femme sans sa chevelure.**



A droite la coupole gonflable qu'à partir de 1988 on installait pour les belles saisons : 3 semaines de démontage chaque automne ! Couverture abandonnée en 2005, trop de problèmes, trop de frais ! Elle aurait coûté plus de 5 millions €.



**une jolie femme avec sa chevelure.**



A droite l'intérieur des arènes du Grand Parc du Puy du Fou permet d'imaginer ce que pourrait être l'intérieur de l'emblématique monument Nîmois.

Spectateurs protégés des ardeurs du soleil, voire de la pluie. Chaude ambiance, meilleure vue des spectacles, meilleure acoustique.



## UN VELUM QUI SE DEPLOIE ET SE REPLIE COMME JADIS !



Un clic sur chacun des liens ouvre deux superbes vidéos du déploiement et du repliement du velum des arènes du Puy du Fou (en 1 minute), illustrant ce que pourrait être celui des arènes de Nîmes (en 2 minutes).

<https://www.youtube.com/watch?v=t7D150WCdDQ> et <https://www.youtube.com/watch?v=s-dEeud3ukM>

En savoir plus en entrant <https://www.youtube.com/watch?v=fAQkBSF17fE> et <https://www.ladepeche.fr/article/2015/02/14/2049447-un-ingenieur-toulousain-leve-le-mystere-du-colisee.html>

# VELUMS SUR AMPHITHEATRES ROMAINS



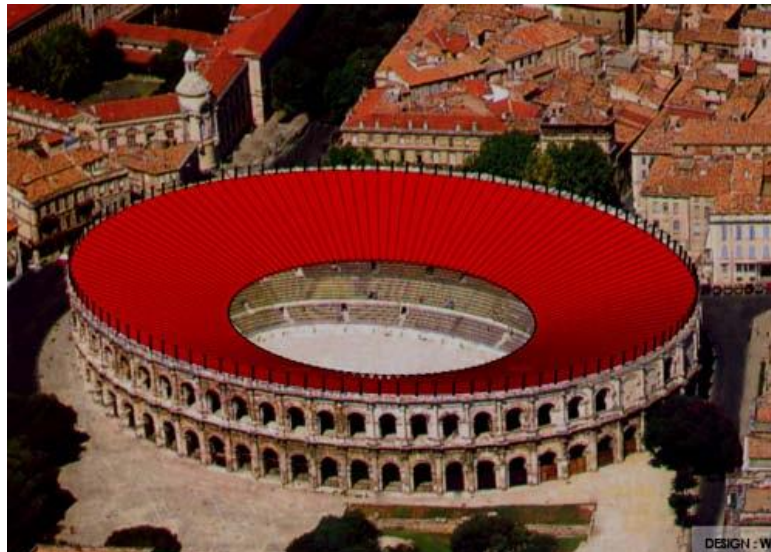
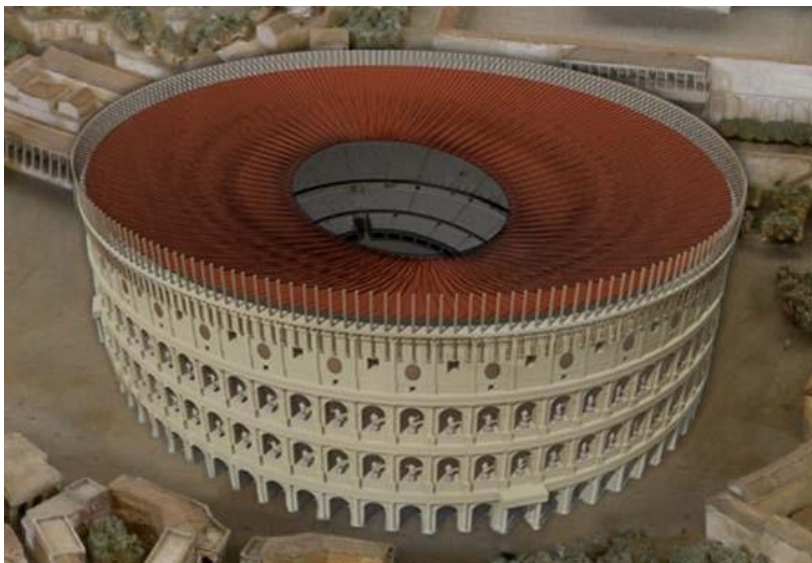
Une célèbre peinture (ci-contre) retrouvée sous les laves de Pompéi témoigne que l'amphithéâtre de la cité, de même dimension que les arènes de Nîmes, construit en 70 avant JC, était déjà recouvert d'un velum ombreux.

Des écrits anciens laissent entendre qu'avant la construction du Colisée, de 70 à 80 après JC, divers amphithéâtres en bois pouvaient être équipés de « vela ».

L'emblématique monument de Rome servit de modèle aux nombreux amphithéâtres de moindres dimensions (plus de 200) construits ensuite dans l'immense Empire voir site

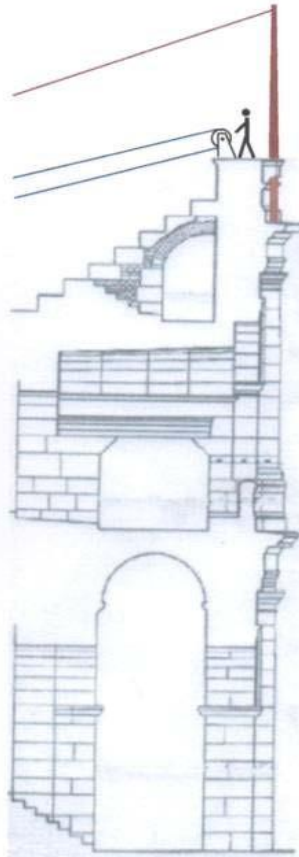
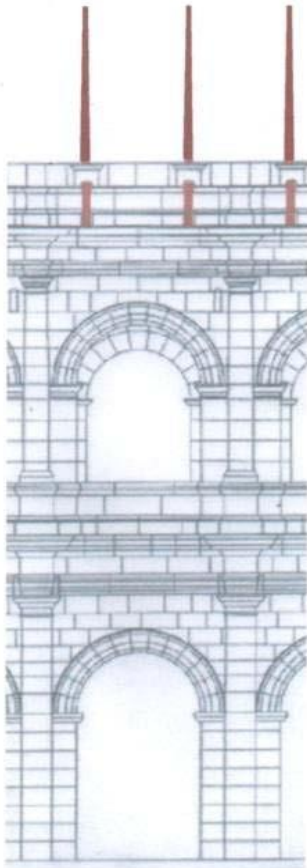
<http://www.velum-colisee.com/>.

Les deux images ci-dessous représentent à la même échelle le Colisée (50 000 places) et les arènes de Nîmes (25 000 places)



# 120 MATS et 120 TREUILS EN HAUT DES MURS

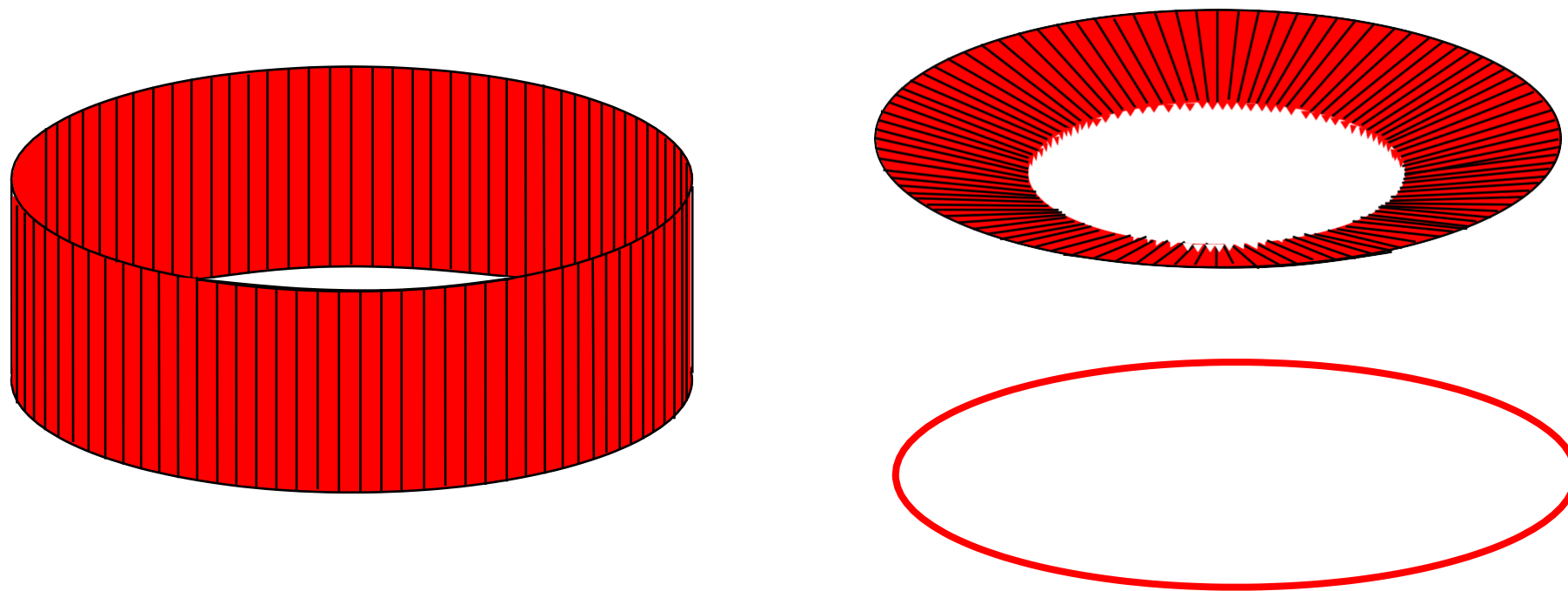
En bois de 30 cm de diamètre et de 7m de longueur environ pour les Romains. On pourrait aujourd'hui utiliser des mâts métalliques, tels ceux de lampadaires. La photo ci-dessous est celle d'un des 36 ensembles mécaniques du Parc du Puy du Fou repliant ou dépliant le velum de 2011. 30 ensembles du même genre suffiraient pour les arènes de Nîmes, en lieu et place des quelques dizaines de marins et esclaves à la manœuvre jadis.



# TOILE DE VELUM POUR LES ARENES DE NIMES

Elle est l'assemblage de 120 rectangles de toile de 3,10 m de large et 35 m de long, reliés les uns aux autres par une trentaine de petits anneaux, pouvant potentiellement former un cylindre de 118 m de diamètre et 35 m de hauteur. L'image en haut à droite est celle d'une immense toiture quand chaque rectangle de toile a été plissé longitudinalement. Il est raisonnable de penser qu'elle présente une excellente résistance au vent, tel le roseau de la fable qui « plie mais ne rompt pas ». Ses ondulations la protègent des aspirations qui emportent les toitures rigides. Les vents terrestres étant en rafales de courte durée, de courtes durées sont aussi les pressions élevées sous le velum et, par voie de conséquence, relativement faibles les énergies produites, celles-là pouvant être absorbées, d'abord par des levées locales de tout ou partie des lobes de toile, puis par un léger soulèvement de l'anneau central. Rafale terminée les parties levées retombent, prêtes à subir l'assaut d'une suivante.

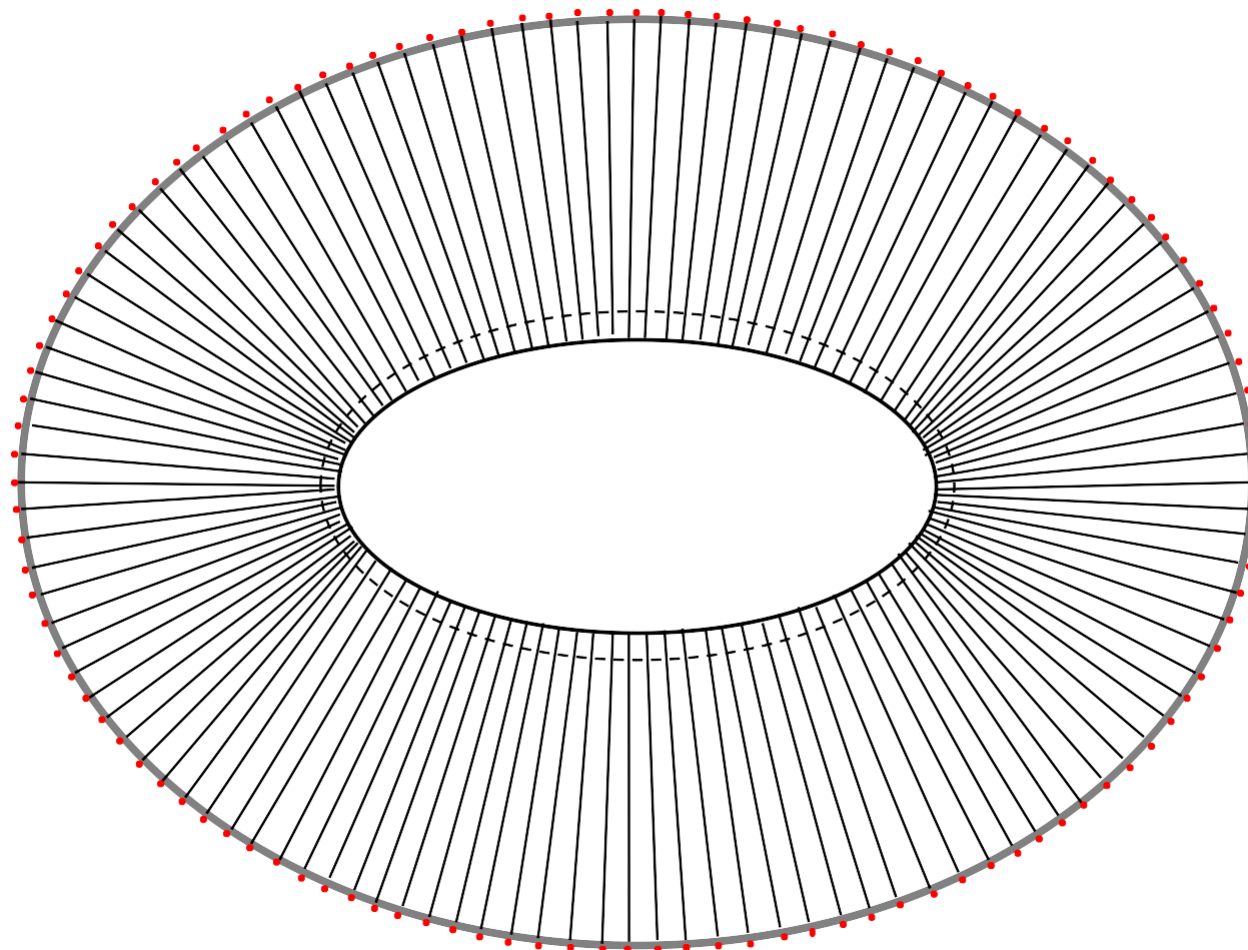
L'image en bas à droite est celle de la toiture troussée contre son périmètre extérieur. La section de cet anneau est de seulement 75 x 75 cm environ.



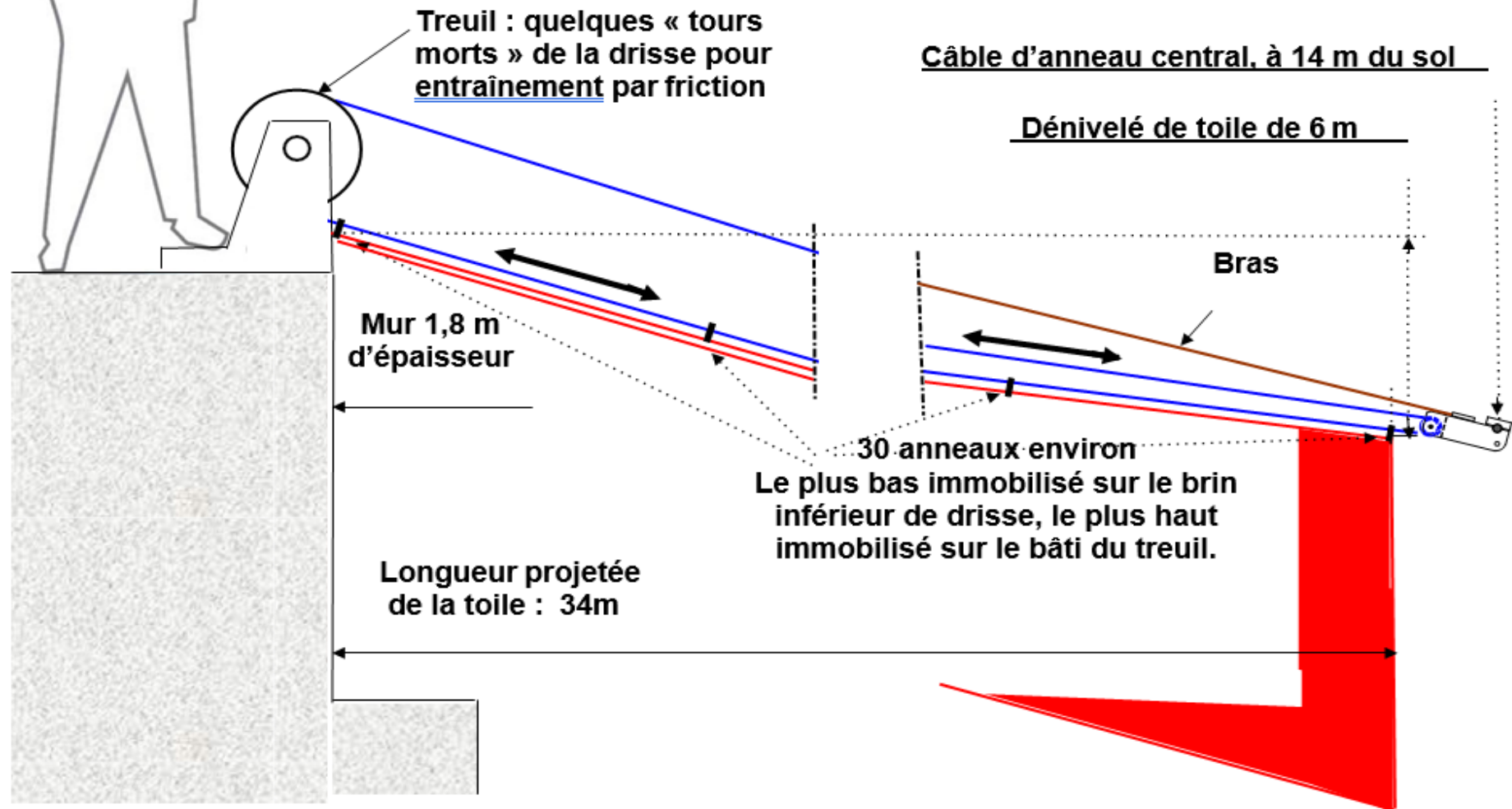
120 mâts (en rouge) à la périphérie du monument, 120 câbles radiaux portant l'anneau central, celui-ci ayant des dimensions inférieures à celle de l'arène (en traits pointillés).

**Les poids de l'anneau central et de la toile étant supportés par de nombreux câbles, faible est leur diamètre, 4 à 5 mm pour un coefficient de sécurité supérieur à 6.**

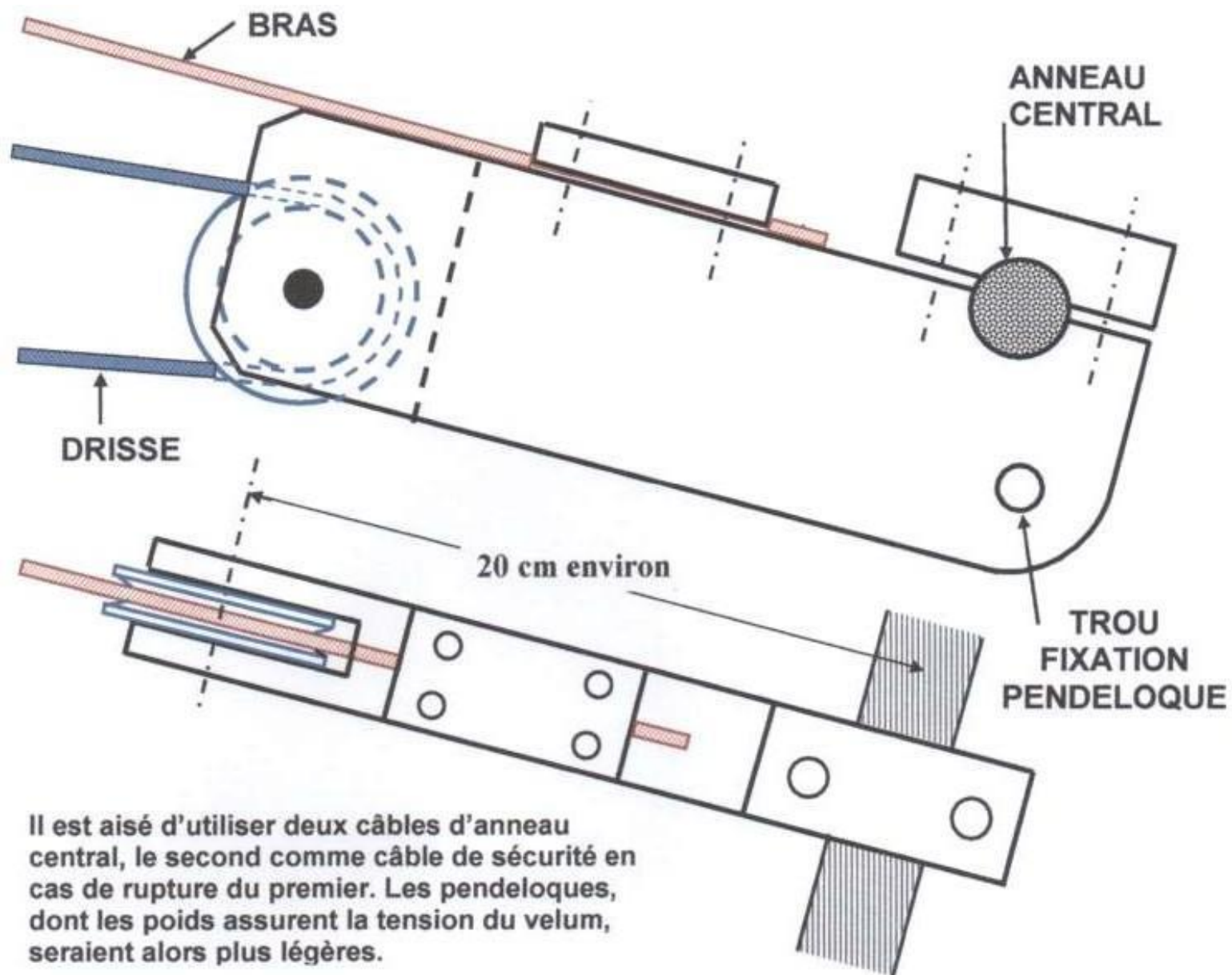
**Voir calculs en fin de diaporama.**



# DEPLIEMENT ET REPLIEMENT DU VELUM IDEM OUVERTURE ET FERMETURE DE RIDEAUX D'APPARTEMENT.

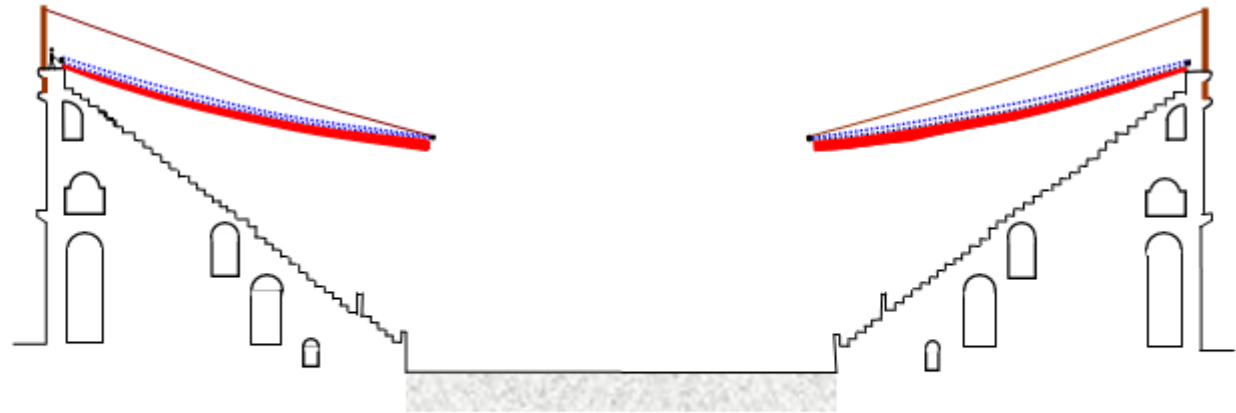


# 120 ENSEMBLES «POULIE DE DRISSE»



# COUPES SUR PETIT AXE DES ARENES

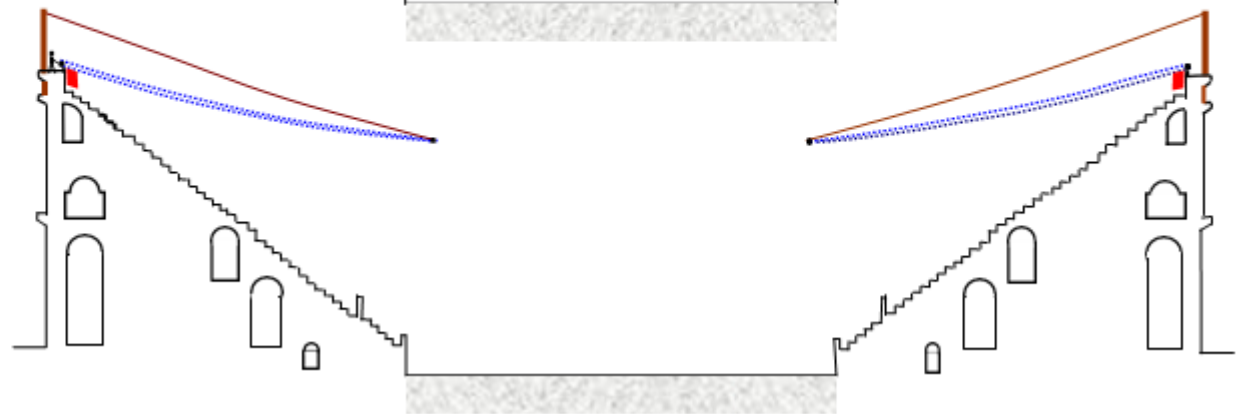
VELUM DEPLOYE



PARTIELLEMENT REPLIE



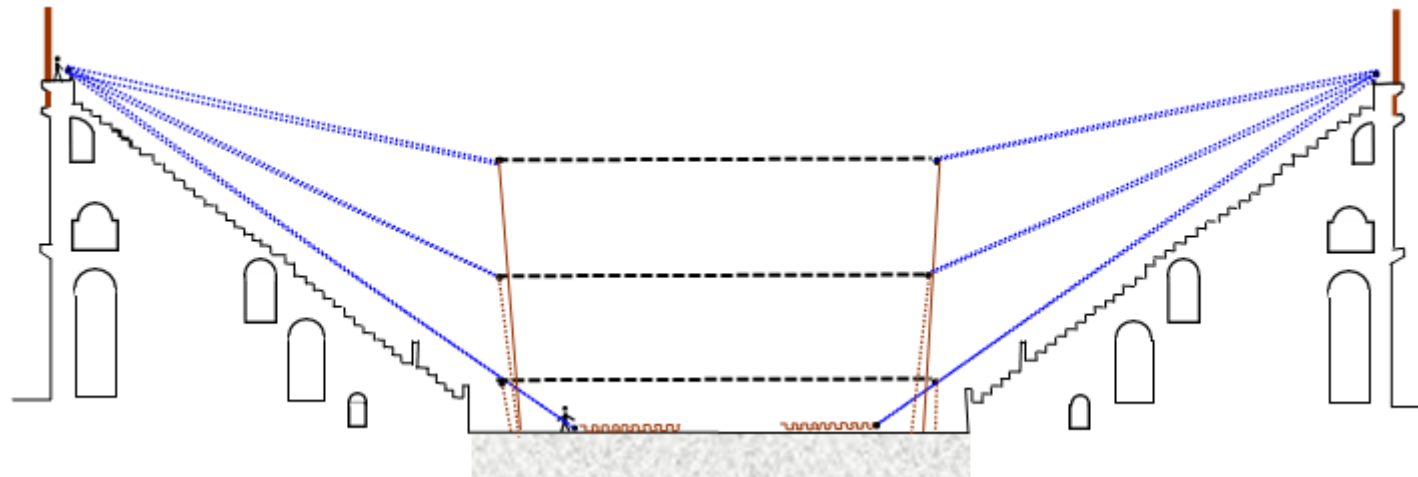
TOTALEMENT REPLIE



# INSTALLATION INITIALE

## ***PLUSIEURS MODES OPERATOIRES POSSIBLES, SANS GRUE, SANS ECHAFAUDAGE ... A LA FORCE DES BRAS D'UN PETIT NOMBRE D'HOMMES !***

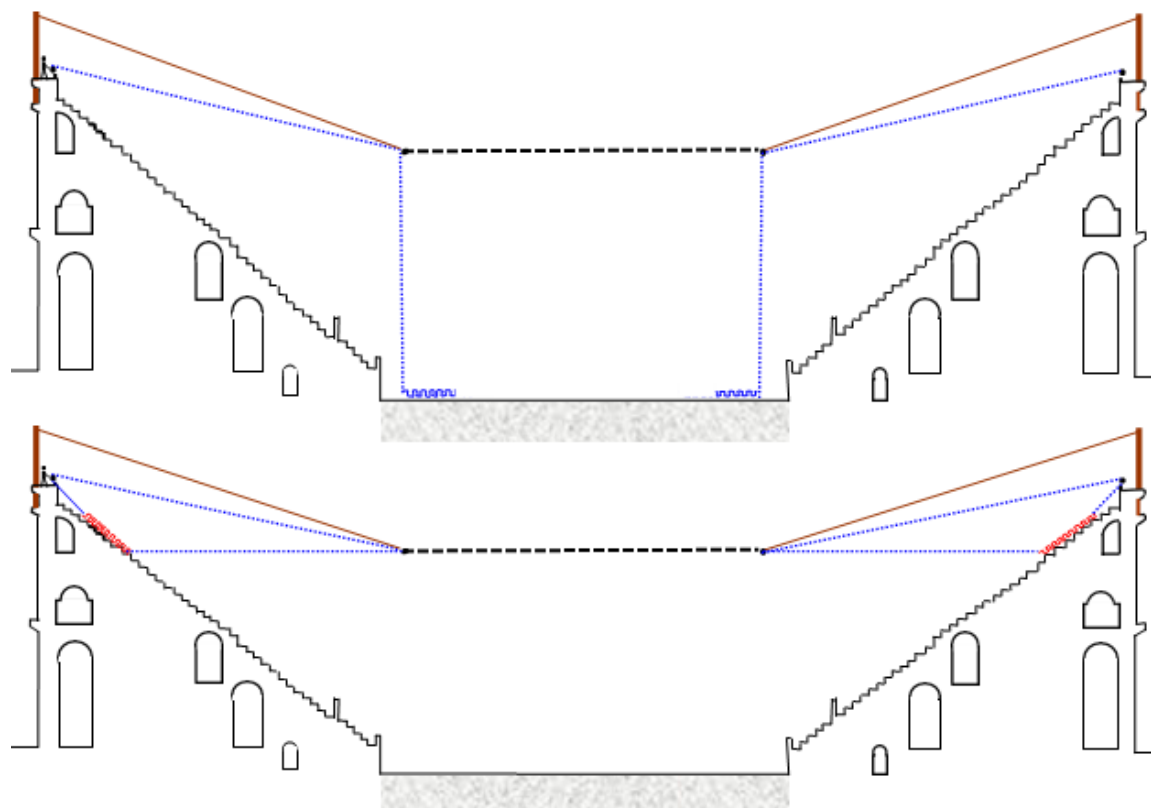
A titre d'exemple : L'anneau central du velum (un câble d'acier de 20 à 30 mm de diamètre et 160 m de longueur environ), est posé au sol, près du périmètre de l'arène. Il a été équipé de 120 « ensemble poulie de drisse » ( voir dessin plus avant), de 120 drisses (en bleu) et de 120 bras (en marron). Par les tribunes les deux brins de chaque drisse ont été montés sur le haut du mur. Enroulés sur le treuil ils vont servir à hisser l'anneau central à sa hauteur requise. Efforts faibles : on lève, de proche en proche, de seulement quelques dizaines de cm, une portion d'anneau entre 2 bras (20 kg maximum, voir calculs plus loin). Les bras commencent à pendre vers le sol.



# INSTALLATION INITIALE SUITE

Dessin du haut : Par les tribunes les bras ont été montés sur le haut du mur et accrochés aux sommets des mâts pour prendre la relève des drisses dans le portage de l'anneau central. Les brins inférieurs des drisses ont été libérées des treuils et rejetées vers l'arène. Dessin du bas : l'anneau en toile a été déposé sur les tribunes, sommairement troussé.

Les extrémités des brins inférieurs des drisses ont été passés dans les anneaux de la toile et montées sur les treuils sur le sommet du mur. Les anneaux les plus bas ont été fixés sur les brins inférieurs des drisses. Des rotations des treuils porteront la toile dans sa position finale puis les anneaux supérieurs seront immobilisés sur les bâtis des treuils.



## CALCULS DE DIMENSIONNEMENT

A partir de valeurs numériques données à une vingtaine de paramètres d'entrée le programme Excel donne dans la seconde tous les diamètres des cables acier et des efforts d'un velum d'amphithéâtres. Ci-contre pour celui envisagé sur les arènes de Nîmes. On trouve à la fin du site [www.velum-colisee.com](http://www.velum-colisee.com) ou sur <http://velum-colisee.com/fr/calculs.html> toutes les équations, validées par Bureau Veritas et Dassault-Systèmes,(leader mondial en logiciels de pointe) ayant abouti à la construction du programme de calcul assisté par ordinateur... et décidé la direction du Grand parc du Puy du Fou d'équiper ses arènes vendéennes de 2001 d'un velum ressemblant à ceux des Romains.

Avec une toile de 0,200 Kg/m<sup>2</sup> les efforts appliqués sur le bâti des arènes de Nîmes ressortent à des valeurs faibles, à priori sans risquer d'endommager les murs de près de 2 m d'épaisseur. Il est sans doute possible de trouver des toiles encore plus légères pour réduire les efforts. A vérifier par un bureau d'études qualifié.

Calculs numériques assistés par ordinateur pour velum d'amphithéâtres romains - René CHAMBON.							
Arènes de Nîmes.							
ENTREES			Valeur	SORTIES			Valeur
D <sub>1</sub>	Grand diamètre de calculs en m	167	Im1	Dist mâts virt/grand cercle	3,09	G	2667
D <sub>2</sub>	Petit diamètre de calculs en m	85	Im2	Dist mâts virt/petit cercle	3,10	Z1	221
N <sub>1</sub>	Nb de mâts sur D <sub>1</sub> ci dessus	170	l <sub>1</sub>	Largeur utile de toile en m	3,20	Z2	71
N <sub>2</sub>	Nb de mâts sur D <sub>2</sub> ci dessus	86	m <sub>1</sub>	masse du filin en Kg/m	0,031	Z3	73
m <sub>1</sub>	Masse de la toile en Kg/m <sup>2</sup>	0,200	X <sub>A</sub> =X <sub>B</sub>	Effort horiz en A et B Kgf	77	Z4	24
L	Largeur projetée de la toile	34,00	Y <sub>A</sub>	Effort vertical en A en Kgf	25,8	0,3	0,64
a	dist en m de toile à anneau central	0,30	Y <sub>B</sub>	Effort vertical en B en Kgf	1,5	β	0,93
p	Pente au point bas de filin dans toile	0,020	ø <sub>1</sub>	Diam filin dans toile mm	2,8		
H <sub>1</sub>	Dénivelé en m de filin dans toile	6,00	ø <sub>d</sub>	Diam câble de drisse mm	2,8	A	-7057027
h <sub>a</sub>	Dist en m de haut de toile à drisse	0,00	L'	Long projetée de la drisse	34,3	B	34661
h <sub>br</sub>	Dist en m de haut de toile à bras	5,00	H <sub>d</sub>	Dénivelé de drisse en m	6,00	C	5553
R	Résist rupt Kg/mm <sup>2</sup> de tous les câbles	80,0	m <sub>d</sub>	masse cable drisse Kg/m	0,031	Δ1/2	397443
			X <sub>C</sub> =X <sub>D</sub>	Effort horiz en C et D Kgf	76	A1	1,03
d	Densité Kg/dcm <sup>3</sup> de tous les câbles	5,0	Y <sub>D</sub>	Effort vertical en D en Kgf	12,8	B1	-0,19
K <sub>f</sub>	Coef sécu filin dans toile	6,0	Y <sub>C</sub>	Effort vertical en C en Kgf	13,9	C1	-6002
K <sub>a</sub>	Coef séc câble d'anneau toile tendue	12,0	X <sub>E</sub> =X <sub>F</sub>	Eff horiz en E et Fen Kgf	7,64	Δ'1/2	157
z	Rapport entre diam drisse et diam filin	1,0	Y <sub>F</sub>	Effort vertical en F en Kgf	3,24	Ver 2	0,00
m <sub>br</sub>	Masse en Kg ens poulie de drisse	2,0	K <sub>br</sub>	Coef séc bras toile tendue	85,0	Ver 3	0,00
y	Rapt entre diam câble bras et drisse	1,2	ø <sub>br</sub>	Diam câble d'anneau mm	28,9	Ver4	0,00
w	Rapport entre X <sub>F</sub> et X <sub>D</sub>	0,10	M <sub>1</sub>	M anneau entr bras gr arc	6,0	Ver 5	0,00
l+	Supplément larg toile assemblage m	0,10	M <sub>2</sub>	M anneau entr bras pet arc	2,0	Ver 6	0,00
N	Nb de mâts de l'amphithéâtre étudié	120	M <sub>add1</sub>	Masse additive grand arc	8,1	Ver 7	0,00
			M <sub>add2</sub>	Masse additive petit arc	12,1	Ver 8	0,00
ø <sub>tr</sub>	Diamètre de treuil en mm	400	ø <sub>br</sub>	Diamètre bras en mm	3,4	Ver 10	0,00
E	Mod elast Kg/mm <sup>2</sup> des bois de mâts		Y <sub>F</sub> '	Eff vert sur mât toile tendue	30,28	Ver11	0,00
R <sub>m</sub>	Résist du bois des mâts Kg/mm <sup>2</sup>	4,0	X <sub>F</sub> '=X <sub>G</sub>	Eff hor sur mât toile tendue	92	Ver15	0,00
K <sub>br</sub>	Coef sécu souhaité pour mâts	6,0	K <sub>br</sub> '	Coef séc ann toile repliée	21,1	RT	43
			K <sub>br</sub> '	Coef séc mini du bras	7,3	MT1	43
			ø <sub>m</sub>	Diamètre mât en mm	249	MT2	43
L <sub>1</sub>	Longueur de rectangle de toile	34,5	LTa	Long totale d'anneau m	157	ø <sub>1</sub>	2,8
L <sub>d</sub>	Longueur de drisse	34,8	MTa	Masse totale anneau Kg	515	ø <sub>d</sub>	2,8
L <sub>br</sub>	Longueur de bras	36,0	MTV	Masse totale du velum Kg	5153	ø <sub>br</sub>	28,9
la1	Plus grande larg entre bras sur anneau	1,82	MTT	Masse totale de toile Kg	2655	ø <sub>tr</sub>	3,4
la2	Plus petite larg entre bras sur anneau	0,60	Sc	Surface couverte en m <sup>2</sup>	9036	Su	13276
T <sub>a</sub>	Tension de câble d'anneau en Kgf	4370	TcC	Effort de manœuvre Kgf	78	M/m2	0,57
m <sub>a</sub>	Masse câble anneau Kg/m	3,28	L <sub>Td</sub>	Long totale câble de drisse	12535		
			L <sub>Tb</sub>	Long totale câble de bras	4322		

# CHAPEAUX BAS AUX ARCHITECTES ROMAINS CONTEMPORAINS DE JESUS-CHRIST !

----- pour avoir imaginé le concept de structures suspendues à des câbles, concept qui ne sera retrouvé qu'au cours 19<sup>ème</sup> siècle, pour des ponts légers et de grandes portées.

----- pour avoir imaginé la toile et la cinématique d'une toiture ombreuse aisément déployable et repliable

----- pour avoir su, avant la pose de la première pierre d'un amphithéâtre, déterminer le nombre de mâts et leurs sections, les épaisseurs des murs ad hoc pour supporter des efforts horizontaux aux sommets.

Sans oublier : les astucieux accès des spectateurs évitant les bouchons et autorisant des délais d'évacuation de la foule jamais retrouvés, les ascenseurs pour faire surgir simultanément dans l'arène plusieurs lions... etc...

OUI...MAIS ... Oui... mais rien ne se fera sans d'autres implications que celle de René Chambon allant sur ses 80 printemps. En premier celle d'un Ministère, pour déjà mettre en place un groupe d'étude réunissant compétences scientifiques indépendantes. Ces personnes agissant selon la règle d'or des brainstorming : proscrire les a priori défaitistes et encourager les propositions constructives « comment faire pour éviter que... » Une règle d'or qui a permis d'envoyer des hommes sur la lune et plus modestement d'installer un velum sur les arènes du Puy du Fou. A l'exemple du président Kennedy : il faut vouloir avant de savoir pouvoir.

Deux des a priori défaitistes que René Chambon juge inéluctables sont : « un tel velum est incapable de résister aux effets du vent » et « l'état actuel du monument le rend incapable de supporter les efforts.

Dans une page précédente il a opposé au premier la leçon de la fable du chêne et du roseau. Il y avait parfois du vent pendant les siècles des Césars et pas de prévisions météo ! Comment faisait-on ? Au troisième millénaire ordinateurs et essais en soufflerie peuvent trancher la question ... et dispenser des complications constructives du velum du Puy du Fou, engendrées par le même jugement que celui du chêne sur le roseau.

Au second a priori défaitiste il oppose que le retentissement médiatique induit par une décision d'installer le velum pourrait déboucher sur des aides de l'U N E S C O et sur la création d'une fondation de soutien. Les souscriptions, en France et à l'étranger, accéléreraient la restauration en cours des façades et financeraient les restaurations de l'attique pour lui redonner son aptitude d'origine à porter le velum.

Reconstruire les parties sommitales manquantes sur l'amphithéâtre romain le mieux conservé au monde n'est pas la mer à boire quand on érige partout des buildings de grande hauteur.

Des particuliers, ici et là, ne restaurent-ils pas, seuls, des châteaux totalement ruinés ! Mieux encore : René Chambon pense que le velum pourrait être aisément affalé sur les tribunes en automne et en hiver, une protection importante des vieilles pierres contre les graves dommages causés par les infiltrations d'eau de pluie.

Il est raisonnable d'estimer que le coût du velum proprement dit serait 20 à 25 fois inférieur aux dépenses déjà engagées pour la restauration en cours des façades.