

La restitution d'un vélum sur le théâtre de Pompée

Sophie Madeleine

► **To cite this version:**

Sophie Madeleine. La restitution d'un vélum sur le théâtre de Pompée . La technologie gréco-romaine entre restitution et reconstitution. Lire entre les lignes, mettre en les mains , Mar 2010, Caen, France. pp.43-68. hal-01596465

HAL Id: hal-01596465

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01596465>

Submitted on 2 Oct 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

LA RESTITUTION D'UN *VELUM* SUR LE THÉÂTRE DE POMPÉE¹

Le *uelum*² est un système mécanique de protection contre le soleil, utilisé dans les édifices de spectacle de l'Antiquité. Les termes pour le désigner sont *uelum* (*uela* au pluriel) ou *uelarium* (*uelaria*) en latin et παραπέτασμα, -ατος (τό) en grec. La personne qui s'occupait de manœuvrer ces voiles était appelée *uelarius*³. Lucrèce et Pline utilisent aussi *carbasus*⁴ comme synonyme de *uelum* : il s'agit d'une variété de lin particulièrement fin utilisée pour tisser la toile. Le *uelum* trouve certainement son origine dans les toiles qui étaient placées au-dessus des atriums des maisons, ou au-dessus de plus vastes espaces, pour décorer ou protéger du soleil. Ces voiles pouvaient également être tendus verticalement dans une colonnade⁵ pour chercher l'esthétisme, le cloisonnement⁶, ou la protection contre le soleil. Un siècle et demi après la première attestation d'un *uelum* couvrant le *comitium* à Rome⁷, le besoin de protéger les citoyens du soleil dans les édifices de spectacle à ciel ouvert est apparu⁸.

1. Nous avons réalisé notre thèse sur la restitution du théâtre de Pompée au IV^e siècle, dans le cadre du projet global de restitution de la Rome antique mené à l'université de Caen Basse-Normandie : www.unicaen.fr/rome. Une partie importante de la thèse était consacrée à la restitution des systèmes mécaniques liés au théâtre antique, d'où cette synthèse réalisée sur le *uelum* et le choix du cas d'étude. Voir S. Madeleine, *Le théâtre de Pompée à Rome. Restitution de l'architecture et des systèmes mécaniques*, Caen, Presses universitaires de Caen, 2014.
2. Pour une discussion sur l'étymologie du mot, voir E. Peruzzi, « *Velum* », *Athenaeum*, 47, 1969, p. 256-265. Trois origines indo-européennes semblent envisageables : 1. *wes (formation *wes-lo-m au sens de « voile », « vêtement »). L'élément *wes se retrouve dans le latin *uestis* ; 2. *weg-s (formation *weg-s-lo-m, au sens de « voile de bateau ») ; 3. *weg-z (formation *weg-z-lom, issue de la racine *weg- « tisser », qui se serait maintenue sur ce seul mot dans la langue latine).
3. *CIL X*, 3500.
4. Voir Lucr. 6, 109 et Plin., *Nat.* 19, 6. L'équivalent grec est κάρπασος (ή), voir le sanskrit *karpaśa*.
5. Voir A. Mau, *Pompeji in Leben und Kunst*, Leipzig, Engelmann, 1908, p. 317.
6. Dans les *domus* pompéiennes et notamment celle des noces d'argent, des traces d'anneaux en bronze prouvent que des voiles pouvaient être tendus entre le *tablinum* et l'*atrium* pour servir de cloison amovible.
7. Voir Liv. 27, 36 : « Cette année [i. e. 208 a.C.], pour la première fois depuis l'arrivée d'Hannibal en Italie, le *comitium*, nous dit-on, fut couvert ».
8. Voir Val. Max. 2, 4, 6 : « Sous cette influence [i. e. l'extension de la magnificence à la célébration des jeux] et à l'imitation du luxe campanien, Quintus Catulus, le premier, mit l'assemblée des spectateurs à l'ombre d'un *uelum* » et Plin. 19, 23 : « Plus tard, elles [i. e. les toiles de lin] servirent seulement à faire

Il semble toutefois que la présence d'un *uelum* n'était pas systématique: il s'agissait plutôt d'un luxe offert occasionnellement et pouvant servir d'argument pour attirer la foule aux spectacles. Nous verrons en effet plus loin que l'installation du *uelum* demandait une main-d'œuvre importante et avait donc un coût. Une vingtaine d'inscriptions retrouvées à Pompéi annoncent ainsi: VELA ERVNT⁹, « il y aura un *uelum* », ce qui montre le caractère occasionnel de cette installation, au moins dans les provinces. Plusieurs chercheurs se sont déjà penchés sur le problème¹⁰ et pourtant c'est une question qui mérite encore d'être approfondie. Une des seules études consistantes sur les *uelums* antiques est la thèse allemande de Rainer Graefe, déjà ancienne, qui étudiait environ soixante-dix structures ayant laissé des traces d'implantation de *uelum*. Or, l'auteur ne consacre que quelques mots au théâtre de Pompée puisque, justement, il ne subsiste aucune trace archéologique ni aucune source iconographique attestant la présence d'un *uelum* sur ce bâtiment. Seules les sources textuelles sont mobilisables. C'est donc sur ce cas d'étude, particulièrement difficile, que nous nous focaliserons. Nous avons choisi de reprendre l'ensemble du dossier, en commençant par rassembler les sources textuelles mentionnant l'utilisation d'un *uelum* sur le théâtre de Pompée. Nous étudierons les éléments communs aux deux types de *uelum* que nous envisagerons: un *uelum* soutenu par des vergues et un *uelum* uniquement maintenu en suspension sur des cordes, avant de définir les éléments constitutifs de chaque système. Les deux propositions de montage feront l'objet d'une analyse technique (pour définir notamment les poids en suspension et le nombre d'hommes nécessaires à la manœuvre) et d'un test d'efficacité grâce à des simulations solaires réalisées sur un modèle virtuel. Pour terminer, nous verrons les limites de l'utilisation du *uelum* en fonction des conditions climatiques dans lesquelles les spectacles avaient lieu.

Les témoignages d'utilisation d'un *uelum* sur le théâtre de Pompée

Deux textes au moins attestent de façon sûre la présence d'un *uelum* sur le théâtre de Pompée. Ils sont de Martial, qui écrit environ cent trente ans après l'inauguration de cet édifice :

-
- de l'ombre dans les théâtres; Quintus Catulus, le premier de tous, inventa cet usage en dédiant le Capitole [69 a.C.]».
9. Voir par exemple *CIL* IV, 1177, 1180, 1183, 1184, 1185, 1186, 1189, 1190, 1192, 1194, 3883, 3884, 7992, 7993, 7994 et 7995. Il est probable que le pluriel est employé ici parce que le *uelum* n'était pas fait d'une seule toile mais de l'assemblage de plusieurs (voir *infra*).
 10. G.B. Giovenale, « *Erunt uela* », in *Atti del II Congresso nazionale di studi romani*, vol. I, Rome, P. Cremonese, 1931, p. 181-195; G. Cozzo, « Il velario negli antichi edifici anfiteatrali », *ibid.*, p. 197-204; R. Graefe, *Vela erunt. Die Zeltdächer der römischen Theater und ähnlicher Anlagen*, Mayence, Philip Von Zabern, 1979; A. Pellet, « Disposition et manœuvre de la tente sur l'amphithéâtre de Nîmes », *Congrès scientifique de France*, 12^e session, tenue à Nîmes le 1^{er} septembre 1844-1845, p. 450-463; E. Peruzzi, « *Velum* »; E.L. Tocco, *Del velario e delle vele negli anfiteatri particolarmente nell'anfiteatro Flavio*, Rome, G. Menicanti, 1857.

Avec toi [*i. e.* un chapeau à large bord, titre de l'épigramme], j'irai m'asseoir en spectateur au théâtre de Pompée car le vent plus d'une fois, y rend les toiles inutiles¹¹.

Lydia est aussi large que le derrière d'un cheval de bronze, [...] que la toile refusée au Notus dans le théâtre de Pompée¹².

Le second texte est le seul à nous donner une indication sur la place prise par les toiles ferlées, qui devait, selon Martial, être conséquente (de même que celle prise par *Lydia*, *fig. 1*). Nous comprenons ainsi mieux le texte d'Ammien Marcellin, selon lequel les plus malheureux pouvaient se dissimuler à l'ombre des toiles ferlées des théâtres¹³.

Un troisième texte, rédigé par Ovide une cinquantaine d'années après l'achèvement du théâtre, vient semble-t-il étayer les témoignages de Martial :

Alors [à l'époque de Romulus] un voile ne couvrait pas un théâtre de marbre (*theatro marmoreo*)¹⁴.

On ne peut pas *a priori* savoir si l'allusion d'Ovide à un *theatrum marmoreum* renvoie à un théâtre particulier de Rome (celui de Pompée, de Marcellus ou de Balbus) ou si l'expression est au singulier avec un sens collectif mais il est probable qu'Ovide pense au théâtre de Pompée, le premier théâtre « en dur » de Rome qui aurait pris à l'époque de sa construction (et gardé par la suite) l'appellation de *theatrum marmoreum* ou *theatrum lapideum*¹⁵. Le doute est peut-être levé par une inscription qui identifie clairement le *theatrum marmoreum* au théâtre de Pompée grâce à la mention de Vénus *Victrix*, d'Honos, de Virtus et de Felicitas, des divinités que nous savons par ailleurs¹⁶ honorées en haut de sa *cauea* :

H pr(idie) c(omitialis) Herculi Invicto ad circum
 maxim(um) Veneri Victrici
 Hon(ori) Virtut(i) Felicitati
 in theatro marmoreo¹⁷

11. Mart. 14, 24: *In pompeiano tecum spectabo theatro / Nam uentus populo uela negare solet*. À la place de *nam uentus*, les manuscrits les plus nombreux (les familles α et β) portent la leçon *mandatus* que W. Heraeus, l'éditeur de Teubner en 1925, interprète comme un nom propre (celui du personnage qui serait chargé de commander la manœuvre du *uelum*). Nous préférons la leçon *nam uentus* de la famille γ au regard de la difficulté d'utiliser le *uelum* en cas de vent violent, attestée dans d'autres textes.

12. Mart. 11, 21: *Lydia tam laxa est equitis quam culus aeni, [...] quam Pompeiano uela negata Noto...*

13. Amm. 14, 6, 25-26, trad. E. Galletier et J. Fontaine, Paris, Les Belles Lettres, 1978 : « Mais parmi la foule de la plus basse condition et celle des miséreux, il y a des gens qui passent la nuit entière dans des tavernes, d'autres se dissimulent dans l'ombre des voiles (*uelabris umbraculorum*) que Catulus... étendit le tout premier sur le théâtre ».

14. Ov., *Ars* 1, 103, trad. H. Bornecque, Paris, Les Belles Lettres, 1960.

15. Ovide utilise aussi l'expression *marmore tecta theatra* pour parler des trois théâtres du Champ de Mars. Ov., *Epist.* 1, 8, 35 : « Voici les forums, voici les temples, voici les théâtres revêtus de marbre (*nunc marmore tecta theatra*), voici les portiques au sol dallé, voici la pelouse du Champ de Mars qui fait face à de beaux jardins, les pièces d'eau, les canaux et l'eau de la Vierge ».

16. *CIL* I, 177 = *Inscriptiones Italiae* 13, 2, 181 et *CIL* IX, 02319 = *Inscriptiones Italiae* 13, 2, 24.

17. *CIL* IX, 4192 (p. 698) = *Inscriptiones Italiae* 13, 2, 25 = ZPE-153-266.

Un quatrième texte, écrit par Dion Cassius, fait peut-être également référence à un *uelum* dans le théâtre de Pompée, même si ce n'est pas explicite :

Le théâtre, non seulement la scène, mais encore tout le pourtour intérieur, était doré, et tous les objets qui y entrèrent étaient rehaussés d'or, ce qui fit donner à ce jour le nom de jour d'or. Les voiles tendus en l'air pour garantir du soleil étaient en étoffe de pourpre ; au milieu était brodé Néron, conduisant un char, et tout à l'entour brillaient des étoiles d'or (περίξ δὲ ἀστέρες χρυσοῖ ἐπέλαμπον)¹⁸.

Le contexte est la venue à Rome de Tiridate et l'on sait par Pline l'Ancien, qui insiste aussi sur l'usage de l'or, que Néron l'emmena justement au théâtre de Pompée :

Par la suite, Néron, qui succéda à Claude, fit recouvrir d'or le théâtre de Pompée (*Pompei theatrum*) pour le seul jour où il voulait le montrer à Tiridate, roi d'Arménie¹⁹.

La présence d'un *uelum* sur le théâtre de Pompée est donc attestée par au moins deux références explicites (celles de Martial), certainement quatre (si on compte Ovide et Dion Cassius²⁰). Nous allons tester deux systèmes différents de *uelum* sur le théâtre de Pompée : un système à vergues (fig. 2) et un système soutenu uniquement par des cordes (fig. 6), en voyant dans un premier temps ce qui est commun aux deux hypothèses, puis les spécificités des éléments constitutifs de chacune. En utilisant les techniques de réalité virtuelle, nous verrons ainsi quelle protection ces deux solutions offrent afin de déterminer laquelle est la plus efficace.

Les éléments communs au système à vergues et au système à cordes

Le toit du *pulpitum*

Il semble avoir été d'usage dans les théâtres romains de couvrir la *frons scaenae* (mur de scène) d'un toit. Sa présence est par exemple attestée sur le théâtre d'Orange, où l'on peut toujours observer les traces laissées sur la maçonnerie. Des traces sont également visibles sur les théâtres d'Aspendos (Turquie) et de Bosra (Syrie). Ce toit pouvait avoir diverses fonctions (acoustique, protection des décorations de la scène : tableaux, décors, marbres polychromes, boiseries...). C'est en nous fondant sur le schéma de l'inclinaison du toit d'Orange que nous proposons une protection similaire sur le théâtre de Pompée. Aucun spectateur n'est *a priori* abrité par ce toit.

Les mâts au sommet de la *cauea*

La présence de mâts en haut des édifices de spectacle est attestée à de nombreux endroits (Colisée, théâtre d'Aspendos, arènes de Nîmes, arènes de Cimiez, etc). Sur

18. D. C., 63, 6, trad. R. Gros, Paris, Firmin Didot Frères, 1867.

19. Plin., *Nat.* 33, 54, texte établi et traduit par H. Zehnacker, Paris, Les Belles Lettres, 1983.

20. Voir *infra* pour un commentaire développé de ce passage.

une majorité d'édifices, les consoles de soutien des mâts situées autour de la *cauea* sont sensiblement distantes de 4 m²¹. En aménageant ce même espace entre les consoles de soutien des mâts du *uelum* sur le théâtre de Pompée, nous pouvons restituer 58 mâts autour de sa *cauea*. D'autre part, d'après R. Graefe, les deux consoles soutenant un même mât (celle qui est percée et celle qui assure son soutien en dessous) sont en moyenne espacées en hauteur de 2 m²², mesure qui a été adoptée sur le modèle virtuel.

Les toiles

La toile protectrice était vraisemblablement en lin. Lucrèce et Pline utilisent un vocabulaire précis en parlant de *carbasus*, une variété de lin particulièrement fin :

Ils [*i. e.* les nuages] font aussi du bruit au-dessus des vastes plaines de notre monde comme parfois le *carbasus* (*carbasus*), tendu dans les grands théâtres entre les mâts et les vergues, fait entendre des claquements ou quelquefois même se déchaine une fois déchiré par la violence des vents et cherche à imiter le son des papiers fragiles²³.

Ensuite on raconte que Lentulus Spinther fut le premier à étendre des voiles de carbase (*carbasina uela*) dans le théâtre, lors des jeux Apollinaires²⁴.

Nous savons notamment que ce tissu était utilisé pour confectionner les vêtements des Vestales²⁵. C'est donc un matériau noble (le dieu du Tibre apparut à Énée vêtu de *carbasus* lors de son retour épique de Troie)²⁶ et il devait coûter cher. Le lin est par ailleurs un tissu résistant qui supportait certainement bien les multiples manipulations du *uelum*. Pour couvrir l'ensemble de la *cauea* et pour être manœuvrable, la toile protectrice devait être découpée en bandes (d'où l'utilisation fréquente du pluriel *uela*). Dans l'absolu, ces bandes devraient être trapézoïdales pour s'ajuster parfaitement une fois déployées et former une grande toile en arc de cercle sur les théâtres, en ellipse sur les amphithéâtres. Mais si l'on utilise des toiles trapézoïdales, il n'est pas possible de les faire coulisser sur des vergues ou sur des cordes avec des anneaux : il faut installer des rouleaux au niveau des mâts, autour desquels la toile viendrait s'enrouler²⁷. Si l'on utilise des toiles rectangulaires, elles coulisseront sans difficulté entre les vergues ou entre les cordes mais cela implique qu'elles seront pendantes à leur extrémité (l'espace entre les vergues ou entre les cordes de soutien du *uelum* est en effet de moins en moins important au fur et à mesure que l'on avance vers le centre). Deux textes latins nous font pencher pour des toiles rectangulaires en

21. 4 m pour l'amphithéâtre de Cimiez; 3,61 m pour celui de Pompéi; 3,85 m pour le théâtre de Saint-Bertrand de Comminges; 3,96 m pour le grand théâtre de Pompéi, etc.

22. 2,01 m sur l'amphithéâtre de Nîmes par exemple.

23. Lucr. 6, 108.

24. Plin., *Nat.* 19, 23.

25. Prop. 4, 11, 54.

26. *Énéide*, 8, 34.

27. Voir P. Fleury, « Les moyens techniques au service du spectacle », *Histoire antique et médiévale*, hors-série 23, avril 2010, p. 68-79.

général. Le premier est de Properce, qui nous dit : « Pas de voiles aux plis sinueux sur le creux d'un théâtre (*Nec sinuosa cauo pendebant uela teatro*) »²⁸. Les *uella sinuosa* font certainement allusion à la courbe dessinée par chaque voile à son extrémité. Le deuxième texte est de Martial. Il nous apprend que le vent du sud, le Notus, pouvait s'engouffrer dans les toiles ferlées du *uelum* : « les souffles rapides du Notus emportent les toiles ferlées »²⁹. Si les voiles étaient installés sur un rouleau, le vent aurait du mal à s'engouffrer dedans. Par contre, si les toiles rectangulaires sont ferlées et attachées par des garcettes, comme sur les navires à phares carrés d'autrefois, un vent fort peut en effet les arracher. Cet accident est plusieurs fois mentionné dans les récits de tempête à l'époque de la marine à voiles. Nous pensons que c'est ce mode d'attache qui était utilisé, grâce au texte très ironique de Martial que nous avons déjà cité et qui s'applique explicitement au théâtre de Pompée³⁰. Regardons sur la figure 1 à quoi ressemblent des toiles ferlées attachées avec trois garcettes : Lydie, aussi large que le derrière d'un cheval de bronze, se dessine assez clairement...

Les cordes de rappel

Une fouille récente a permis de mettre au jour deux fragments de gradins du théâtre de Pompée et, conjointement à la publication de ces nouvelles données, A. Monterroso Checa³¹ est revenu sur l'étude d'un troisième gradin certainement dégagé par J. Gabet entre 1860 et 1870, qui contient un double orifice de 17 x 9 cm côté frontal et 21 x 20 cm côté siège³². A. Monterroso Checa localise ce gradin à la jonction de l'*ima* et de la *media cauea* et considère qu'une corde de rappel partait de cet endroit pour rejoindre le *uelum*, système doublé par une corde similaire installée tout en bas des gradins³³. Cette hypothèse de restitution n'est pas envisageable d'un point de vue technique : la corde de rappel, s'il y en a une, doit nécessairement être fixée à l'extrémité basse du système de *uelum*. Une fixation intermédiaire sur les vergues ou

28. Prop. 4, 1, 15.

29. Mart., *Ep.* 9, 38 : *Rapian celeres uela negata Noti*. Nous interprétons ici *negare*, qui signifie proprement « refuser », comme l'équivalent du terme technique « ferler », employé dans la marine pour décrire l'opération qui consiste à replier les voiles sur elles-mêmes (tout en les laissant attachées aux vergues ou à la bôme). En effet, quand on ferle les voiles, on les refuse au vent. Nous proposons la même traduction pour Mart. *Ep.* 11, 21 cité plus haut.

30. Mart. *Ep.* 11, 21.

31. A. Monterroso Checa, « Los *sedilia* marmóreos del teatro de Pompeyo y su reflejo en los teatros de la Bética », in *El concepto de lo provincial en el mundo antiguo. Homenaje a la profesora Pilar León Alonso*, D. Vaquerizo, J.F. Murillo (éd.), Cordoue, Servicio de Publicaciones, Universidad de Córdoba, 2006, p. 45-64.

32. Longueur conservée de la surface d'appui : 47 cm ; hauteur côté frontal du côté le plus petit : 34 cm ; profondeur de la superficie d'assise conservée : 53 cm ; profondeur de la superficie d'assise restituée : environ 74 cm ; longueur frontale conservée : 83 cm.

33. A. Monterroso Checa, « Los *sedilia* marmóreos... », p. 55 : « *De este modo las últimas cuerdas se anclarían en gradas similares a la n° 3 dispuestas en la parte más baja del primer graderío, como sucede en los teatros que presentamos a continuación* ».

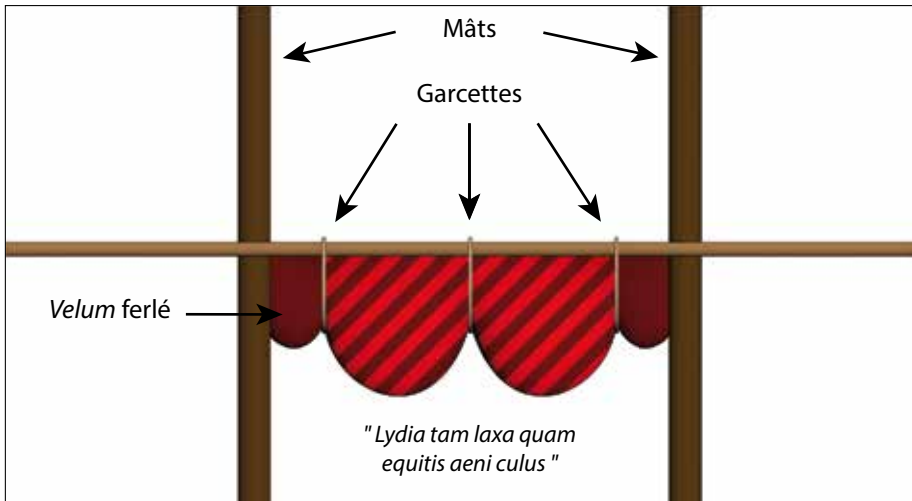


Fig. 1 – Toile ferlée et fixée avec trois garcettes (UCBN – Plan de Rome, France)

sur les cordes soutenant les voiles aurait empêché la circulation des anneaux ou des poulies lors des manœuvres de déploiement et de ferlage. Cela dit, des trous relevés dans les gradins d'autres théâtres par R. Graefe notamment font penser en effet qu'il a pu exister des cordes de rappel stabilisant le *uelum* en cas de vent et empêchant le soulèvement des vergues ou de l'anneau de cordes.

Quel que soit le système de *uelum* que l'on adapte sur un théâtre ancien, le toit du *pulpitum*, les consoles de soutien des mâts, les toiles sont des éléments immuables et la présence de cordes de rappel est probable, même si la tenue du système est déjà fortement stabilisée par les poids en suspension³⁴. Voyons maintenant les arguments qui permettent de poser deux hypothèses de restitution d'un *uelum* sur le théâtre de Pompée : un système à vergues et un système à cordes.

L'hypothèse d'un système à vergues

Les arguments pour supposer un système à vergues

Deux sources nous permettent de proposer l'existence de systèmes à vergues dans les édifices de spectacle romains : une source littéraire et une source iconographique.

Un texte de Lucrèce fait d'abord directement allusion à un *uelum* soutenu par des mâts et des vergues :

C'est le cas notamment des voiles jaunes, rouges et bleus, couramment tendus au-dessus de nos vastes théâtres par des mâts (*malos*) et des vergues (*trabes*), lorsqu'ils

34. Voir *infra* l'analyse technique.

flottent et ondulent ; ils teignent au-dessous d'eux le public des gradins, le décor de la scène, les rangs des sénateurs, des matrones et les statues des dieux, et les font onduler avec leur couleur. Plus ils sont insérés à l'intérieur des parois du théâtre, plus ils diffusent leur charme à l'intérieur en égayant tout et en réduisant la lumière du jour³⁵.

Nous reprenons ici la terminologie maritime, considérant les mâts comme les supports verticaux des vergues, et les vergues comme les supports horizontaux des voiles³⁶ : le mot *trabs* semble toujours utilisé dans les textes techniques pour désigner une pièce de bois disposée horizontalement ou avec une légère obliquité : poutres au-dessus de colonnes en architecture³⁷, poutre bélière dans des machines de guerre³⁸ ou traverses horizontales dans des ouvrages militaires³⁹.

Une peinture retrouvée à Pompéi montre ensuite un combat de « supporters » dans l'amphithéâtre de la ville et le peintre a représenté le *uelum* sur l'édifice de spectacle, soutenu par des vergues⁴⁰. Pour des questions de lisibilité de la peinture (notamment pour que l'on voie l'arène et les gradins), le *uelum* n'apparaît que sur une moitié de l'amphithéâtre, mais il faut le restituer sur l'ensemble de la *cauea*. Nous n'avons aucun doute sur l'identification de cet amphithéâtre, grâce notamment à l'escalier représenté au premier plan que l'on observe toujours aujourd'hui. La peinture de Pompéi est l'attestation la plus ancienne d'un *uelum* adapté à un amphithéâtre.

35. Lucr. 4, 75-83 : *Et uolgo faciunt id lutea russaque uela / et ferrugina, cum magnis intenta theatri / per malos uulgata trabesque tremantia flutant. / Namque ibi consessum caueai supter et omnem / scaenai speciem patrum matrumque deorum / inficiunt coguntque suo fluitare colore. / Et quanto circum mage sunt inclusa theatri moenia, / tam magis haec intus perfusa lepore / omnia conrident correpta luce diei.* La séquence *patrum matrumque deorum* a parfois été mal comprise par les éditeurs qui ont cherché à modifier le texte. C'est pourtant bien la leçon transmise par les deux manuscrits principaux, le *Leidensis* 30 et le *Leidensis* 94.

36. R. Graefe (*Vela erunt...*, p. 219) rapproche lui aussi les manœuvres liées au *uelum* de celles de la marine antique.

37. Vitruv. 4, 2, 1.

38. Vitruv. 10, 14, 2 ; 10, 15, 3.

39. Caes., *Gall.* 17, 6 (pont sur le Rhin) ; *Ciu.* 2, 9, 2 ; 2, 9, 5 ; 2, 10, 2 (ouvrages pour le siège de Marseille).

40. Cette peinture de 169 x 185 cm, retrouvée dans le péristyle d'Actius Anicetus à Pompéi, est inventoriée 112222 au Musée archéologique national de Naples. Elle représente la rixe qui eut lieu entre les Nocériens et les Pompéiens trois ans avant le tremblement de terre qui ébranla la ville campanienne, quelque temps avant l'éruption fatale. Nous connaissons bien le contexte de cette bataille grâce au témoignage de Tacite dans ses *Annales* (16, 17) : « Un incident futile provoqua un affreux massacre entre les colons de Nocéra et ceux de Pompéi ; ce fut pendant un combat de gladiateurs donné par Livinélius Régulus : comme il arrive d'ordinaire dans les petites villes, on échangea d'abord des quolibets sans retenue, puis des pierres et on finit par en venir aux armes. La plèbe de Pompéi eut le dessus : c'était là que se donnait le spectacle. Beaucoup de Nucériens furent transportés chez eux le corps mutilé ; nombreux aussi étaient ceux qui pleuraient la mort d'un fils ou d'un père. Le prince [Néron] remit le jugement de cette affaire au Sénat, qui la renvoya aux consuls. Mais, sur nouvelle instance, le Sénat défendit pour dix ans à la ville de Pompéi ces sortes de réunions et prononça la dissolution des collèges qu'on avait établis contrairement aux lois : Livinélius et les autres auteurs de la sédition furent punis d'exil ».

L'analyse technique

Dans la restitution virtuelle, nous supposons que les toiles coulissent sur les vergues par l'intermédiaire d'anneaux en bronze. Pour les ferler ou pour les déployer, un système indépendant de cordages avec des poulies est utilisé. Afin que les anneaux puissent coulisser facilement, il faut que les vergues soient faites d'une seule pièce de bois. Si nous supposons que l'essence utilisée est l'épicéa, nous pouvons restituer des vergues atteignant 30 m de long, ce qui correspond globalement à un tronc de 15 cm de diamètre pour cette essence d'arbre (20 m serait une mesure plus raisonnable⁴¹ mais nous avons retenu une mesure volontairement importante pour les tests solaires effectués sur le modèle virtuel).

L'efficacité du système

Le calcul de l'inclinaison solaire

Afin de mesurer l'efficacité du système, il faut calculer l'angle d'inclinaison du soleil à midi pour différentes périodes de l'année : au solstice d'été, autour du 21 juin, quand le soleil atteint sa hauteur maximum, au solstice d'hiver, autour du 21 décembre, quand il est au plus bas, et aux équinoxes de printemps ou d'automne, les 20-21 mars ou 22-23 septembre, quand son inclinaison est médiane. Nous appliquons la formule $90^\circ - \varphi + D = \text{inclinaison solaire}$, sachant que φ est la latitude de Rome et D la déclinaison du soleil. La latitude de Rome est de 42° et la déclinaison du soleil à midi varie au cours de l'année, de 0° aux équinoxes à $+ 23,27^\circ$ au solstice d'été et à $- 23,27^\circ$ au solstice d'hiver. L'inclinaison solaire à midi est donc de $71,3^\circ$ au solstice d'été, de $24,73^\circ$ au solstice d'hiver et de 48° aux équinoxes.

Le calcul de l'inclinaison des vergues

Les vergues peuvent être positionnées horizontalement (c'est-à-dire perpendiculairement aux mâts) ou être inclinées vers l'avant afin de mieux protéger les spectateurs situés face au soleil. L'inclinaison maximale correspond grosso modo à l'inclinaison des gradins pour qu'un spectateur placé en haut des gradins puisse voir le spectacle sans être gêné par le bas du *velum* (72°). Comme la *cauea* de ce théâtre est orientée à l'est, l'intérêt de l'inclinaison n'est pas le même pour tous les secteurs (il est même inversé selon que l'on est placé du côté nord ou du côté sud) et il varie en fonction de l'heure du jour. Une coupe dans le sens nord-sud de la *cauea*, à midi au solstice d'été (fig. 3), montre par exemple que l'avantage d'une position à 90° (notée B sur le graphique) est plus important pour les spectateurs situés sur les gradins du secteur sud que l'avantage d'une inclinaison à 72° (notée A) pour les spectateurs du secteur nord. Nous avons donc choisi une position horizontale dans la restitution virtuelle (fig. 2).

41. Des vergues de 20 m sont proposées par R. Graefe (*Vela erunt...*, p. 164-165) mais, en s'appuyant sur l'étude du professeur Mitscherlich de Fribourg, il montre que l'on peut envisager des vergues longues de 30 m.



Fig. 2 – Hypothèse de *uelum* à vergues sur le théâtre de Pompée
(UCBN – Plan de Rome, France)

L'expérimentation en trois dimensions

Quand on observe le nombre de gradins non protégés du soleil sur la coupe de la figure 3, on conclut que le *uelum* à vergues n'est pas très efficace. Toutefois, pour faciliter les calculs, la coupe a été réalisée à midi, ce qui est peu pertinent par rapport aux horaires des spectacles puisque **les jeux commençaient de bonne heure et remplaçaient toutes les activités de la journée.** Une simulation en trois dimensions va donc permettre de compléter l'observation pour chaque heure du jour. Le logiciel choisi est 3 DS max, qui gère des paramètres tels que la latitude de Rome, le jour et l'heure à laquelle on veut simuler l'éclairage. La «3D» s'avère ici un bon outil d'expérimentation afin de combler le manque de données des sources. Le modèle virtuel (fig. 4) montre qu'avec un système à vergues, les spectateurs du théâtre de Pompée ne sont protégés que sommairement du soleil en été, et plus précisément le 21 juin, jour le plus long de l'année. À 10 h⁴², **les trois quarts des spectateurs assis dans le second *maenianum* ne sont pas du tout abrités. À midi, seules les classes inférieures, qui s'installent tout en haut du théâtre, se trouvent à l'ombre**⁴³. À 14 h, uniquement une partie du second *maenianum* est ombragée. Ce n'est qu'à partir de 16 h que la majorité des spectateurs est enfin à l'abri, alors qu'ils ont subi les assauts des rayons lumineux depuis le lever du soleil. Dans cette

42. Les heures sont calculées en UTC + 1 conformément à la longitude de Rome.

43. Nous avons interrompu la succession des mâts de soutien au niveau du temple de Vénus *Victrix*, au sommet de la *cauea*. Il aurait bien sûr été possible de placer ces mâts devant le temple, mais quand on voit l'importance que les architectes romains attachaient au traitement de la façade des édifices religieux, cette solution nous paraît peu probable. À partir de 10 h donc, une bandelette de lumière commence à se dessiner dans la zone d'ombre, et elle reste visible jusqu'à 14 h 30.

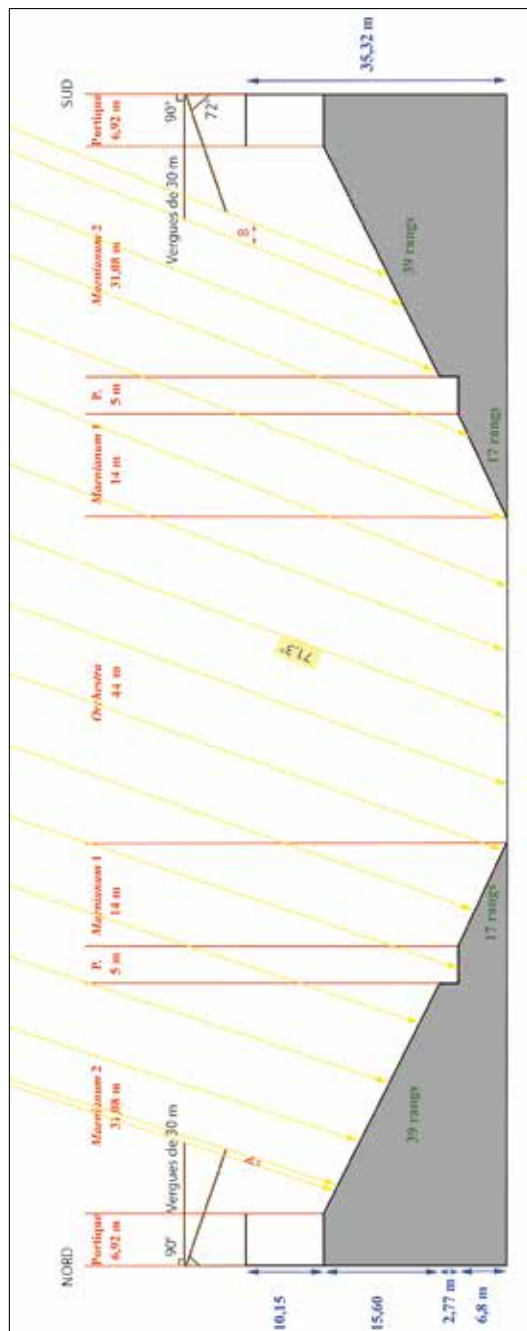


Fig. 3 – Coupe nord-sud du théâtre de Pompée avec le rayonnement solaire à midi au solstice d'été (S. Madeleine)



Fig. 4 – Efficacité du *uelum* à vergues au solstice d’été à 10 h, 12 h, 14 h et 16 h
(UCBN – Plan de Rome, France)

hypothèse, ce sont les places les moins prestigieuses du second *maenianum* tout en haut de la *cauea* qui sont les mieux protégées. Le fait que le premier *maenianum* ne soit pas protégé par le *uelum* une grande partie de la journée du solstice d’été est d’ailleurs en contradiction avec le texte de Lucrèce cité plus haut et selon lequel les rangs des sénateurs sont colorés par la lumière passant à travers les toiles de protection contre le soleil. La solution d’un système à vergues n’est donc probablement pas la bonne en ce qui concerne le théâtre de Pompée⁴⁴ et il faut envisager une autre hypothèse.

L’hypothèse d’un système à cordes

Les arguments pour supposer l’existence d’un système à cordes

Afin de proposer une autre solution d’installation de *uelum* sur le théâtre de Pompée, nous disposons de deux arguments principaux : l’inefficacité du système précédent et la présence de consoles de soutien pour des mâts sur le mur de scène du théâtre d’Orange⁴⁵, ainsi que de deux arguments secondaires : l’anecdote de la représentation de Néron sur le *uelum* du théâtre de Pompée (texte de Dion Cassius cité *supra*) et un texte de Pline renvoyant probablement au même épisode.

44. Lucrèce fait bien référence à un système à vergues (voir *supra*) mais il pense vraisemblablement aux théâtres provisoires en bois qui devaient être loin d’atteindre les dimensions du théâtre de Pompée.

45. Des consoles sont également présentes sur le mur de scène du théâtre d’Aspendos mais rien n’assure qu’elles soient liées à un *uelum* soutenu par des cordes. Elles pourraient aussi correspondre à un état provisoire du toit du mur de scène.

Devant la magnificence du théâtre de Pompée, avec ses gradins recouverts de marbre et les prouesses techniques qui ont été réalisées en bâtissant un théâtre sur voûtes au milieu d'une plaine, on peut difficilement admettre que le *uelum* n'ait pas été efficace, ou du moins, qu'il l'ait été de manière aussi insuffisante que ce que nous venons de démontrer. Il faut donc chercher un système qui couvrirait davantage la *cauea*. Une piste est ouverte par l'exemple du théâtre d'Orange, sur lequel des consoles sont très bien préservées derrière la *frons scaenae*, alors qu'un toit en dur protégeait déjà la scène des intempéries et du soleil. Sur la première hypothèse de *uelum* à vergues, ces mâts n'avaient aucune utilité et nous n'en avons pas intégré au mur de scène du théâtre de Pompée. Il faut donc penser à un nouveau système qui réclamerait une telle implantation : une hypothèse de *uelum* uniquement soutenu par des cordes, celles-ci étant reliées à la fois à la *cauea* (comme sur la première hypothèse) mais aussi au mur de scène pour assurer le soutien d'un demi-anneau de cordes central (fig. 6).

L'anecdote rapportée par Dion Cassius, citée plus haut et selon laquelle il existerait une broderie représentant Néron sur un *uelum* que nous avons identifié comme celui du théâtre de Pompée⁴⁶, nous semble également aller dans le sens d'un système à cordes. Le premier élément intéressant est le verbe διατείω qu'utilise Dion Cassius en parlant des voiles tendus au-dessus du théâtre⁴⁷. Ce verbe signifie « tendre, distendre », avec l'idée d'écartement apportée par le préfixe δια. Hérodote, par exemple, utilise l'expression διατείω τόξον⁴⁸ au sens de « tendre un arc avec force ». Dion Cassius pourrait donc faire allusion aux cordes qui doivent être parfaitement tendues entre les mâts de la *cauea* et ceux du mur de scène. Par ailleurs, un passage des *Questions naturelles* de Pline, qui, à notre avis, renvoie à la même anecdote, conforte l'hypothèse d'un système à cordes : « Tout récemment des toiles azurées et semées d'étoiles se déploierent aussi le long de cordes dans les amphithéâtres de l'empereur Néron »⁴⁹. Comme le texte de Dion Cassius nous parle aussi d'étoiles sur le *uelum* (*stellata* chez Pline et ἀστέρες chez Dion Cassius), il nous semble que Pline fait une confusion en parlant des « amphithéâtres de l'empereur Néron » et qu'il s'agit en fait du théâtre de Pompée. Or le *per rudentes iere*, « [les toiles] se déploierent le long des cordes » de Pline s'applique mieux à l'hypothèse d'un système à cordes qu'à celle d'un système à vergues. Le deuxième élément est l'allusion à un Néron représenté au milieu du *uelum*. Il s'agit probablement d'une toile qui avait dû être exceptionnellement ajoutée au milieu de l'anneau central, à l'endroit qui laissait normalement passer le soleil (fig. 6). Il aurait en effet été assez simple de la hisser là pour l'occasion à l'aide de poulies, et on comprend alors pourquoi Dion Cassius dit que Néron était « au milieu » des toiles (καὶ ἐν μέσῳ αὐτῶν... ὁ Νέρων⁵⁰). Du coup, l'empereur était visible pour

46. D. C., 63, 6, voir *supra*.

47. *Ibid.*

48. Hdt. 3, 35.

49. Plin., *Nat.* 19, 24 : *Vela nuper et colore caeli, stellata, per rudentes iere etiam in amphitheatris principis Neronis.*

50. D. C. 63, 6, 2 : « et au milieu d'elles était brodé Néron ».

l'ensemble des spectateurs sans qu'ils aient besoin de regarder trop à leur verticale. Les étoiles auxquelles fait allusion le texte seraient également brodées sur cette toile centrale (περιξ δὲ ἀστέρες χρυσοῖ ἐπέλαμπον⁵¹). Avec un système à vergues, sur un théâtre de la taille de celui de Pompée, il aurait été beaucoup plus difficile de tendre une grande toile entre l'extrémité des vergues et le toit du *pulpitum*. La grandeur de l'espace à couvrir aurait fait pendre la toile en son centre et aurait rendu les motifs plus difficiles à voir.

L'analyse technique

Pour valider l'hypothèse de restitution d'un système à anneaux de cordes (dont, rappelons-le, nous n'avons aucun témoignage iconographique, à la différence du système à vergues), l'analyse technique du système proposé a été effectuée en collaboration avec Alain Hairie, ingénieur physicien associé à l'équipe qui travaille autour du « Plan de Rome ». La première étape consiste à définir le mode d'attache de l'anneau central au mur de scène. Ensuite, l'étude de la statique permettra de répondre aux questions concernant l'équilibre du système : quelle est la force de traction exercée sur les mâts et sur les cordes ? Puis l'étude de la dynamique permettra de savoir si le système est manœuvrable et, si oui, par combien d'hommes et en combien de temps. Nous terminerons par des hypothèses de manœuvre.

Le mode d'attache de l'anneau central au mur de scène

Deux hypothèses sont envisageables. La première solution est que les cordes de maintien partant du mur de scène soient disposées parallèlement pour rejoindre une corde faisant sensiblement le diamètre de la *cauea* (hypothèse de J.-C. Golvin). Toutefois, est-il nécessaire de placer autant de cordes partant du mur de scène pour tenir le demi-anneau central de cordes ? Les traces archéologiques d'Orange montrent que les deux corniches par lesquelles les mâts doivent obligatoirement passer (l'une en haut du mur de scène et l'autre entre chaque paire de consoles) ne sont pas percées sur toute leur longueur (fig. 5). Dans l'état qui nous a été conservé, seule une partie des consoles était utilisée pour porter les mâts : six de chaque côté. Les autres consoles n'avaient donc probablement qu'un effet décoratif ou correspondent à un état plus ancien du bâtiment durant lequel un *uelum* installé le long du mur de scène aurait remplacé le toit en dur du *pulpitum* (en admettant que ce dernier ne date pas de la construction du théâtre). Le choix de l'emplacement des mâts à Orange est particulièrement judicieux d'un point de vue mécanique⁵². D'une part, ils sont situés au niveau des deux massifs de maçonnerie qui entourent le *pulpitum*, non au niveau du *pulpitum* lui-même. À cet endroit, les murs perpendiculaires au *frons scaenae* offrent un renfort appréciable. En cas d'attache au milieu du mur de scène, l'effet de levier exercé par les mâts quand les cordes sont sous tension aurait pu provoquer

51. *Ibid* : « et tout autour, des étoiles d'or brillaient ».

52. Voir *infra* le raisonnement d'A. Hairie.

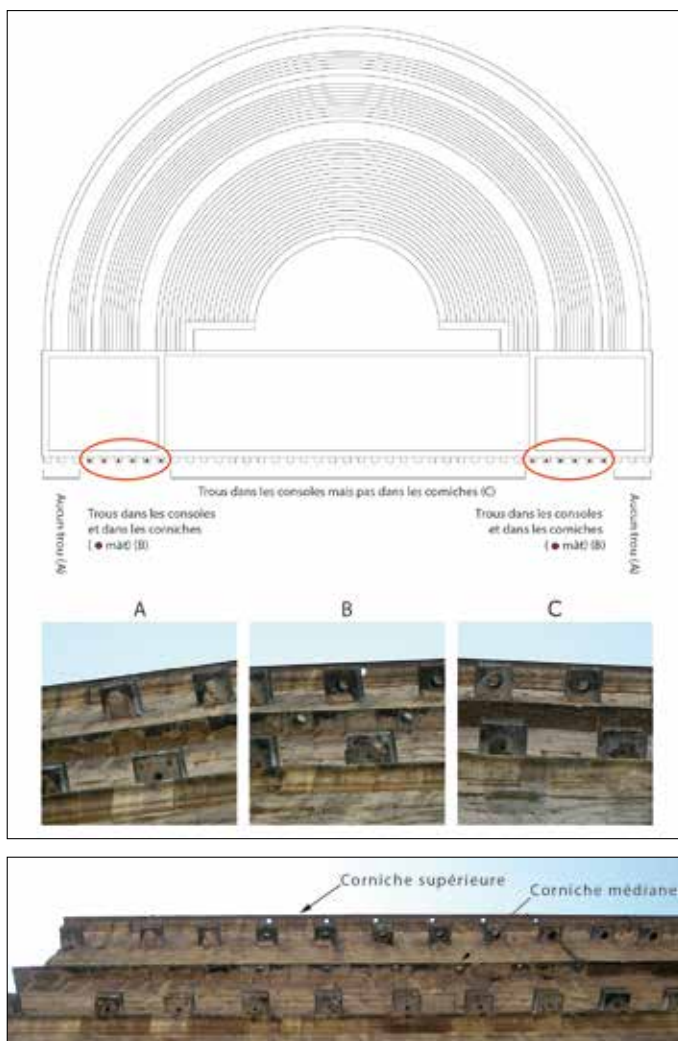


Fig. 5 – Emplacements potentiels des mâts sur le théâtre d'Orange
(S. Madeleine, d'après R. Graefe, *Vela erunt...*, p. 25; cliché P. Fleury, 2010)

des désordres dans la maçonnerie. D'autre part, sur le théâtre d'Orange, les supports des mâts ne sont pas situés aux extrémités du mur de scène (deux ou trois consoles ne sont pas utilisées de chaque côté) car plus l'angle formé par la corde de soutien du *uelum* et le mur du mur de scène est petit, plus l'effet de traction est important. Bien qu'il ne s'agisse que de l'état d'une époque et qu'Orange ne soit pas Rome, nous avons utilisé ce modèle pour la restitution, car les deux édifices sont proches l'un de l'autre tant du point de vue de leur date de construction que de celui de leur conception architecturale.

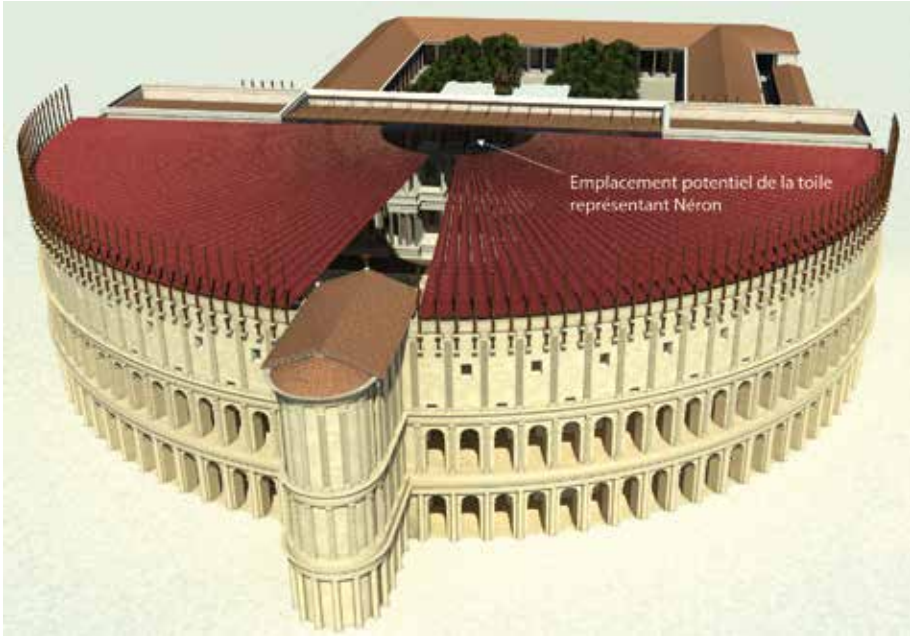


Fig. 6 – Hypothèse de *uelum* à cordes sur le théâtre de Pompée
(UCBN – Plan de Rome, France)

Étude de la statique

Il s'agit d'évaluer les tensions dans les cordages et les forces qui en résultent sur les points d'ancrages : poulies, treuils, mâts et maçonnerie. La plupart des problèmes peuvent être résolus par ce qu'on pourrait appeler « l'équation des archers ». On sait que lorsqu'on se prépare à lancer une flèche, la force de traction T_f exercée pour écarter la corde de sa position rectiligne d'une distance f dépend de la tension de la corde T_c et de sa longueur C , par la relation $T_f = 2 T_c \sin(A)$. L'angle A est tel que $f = C/2 \tan(A)$ et, si A est assez petit, on a simplement $T_c = T_f \times C / (4 f)$. Nous appliquerons cette forme simplifiée. On peut aussi l'appeler l'« équation des blanchisseuses » : soit un drap mouillé de poids $T_f = 10$ kg, placé au milieu d'une corde à linge de longueur $C = 10$ m, qui descend de $f = 0,1$ m par rapport à la ligne droite qui joint les points de fixation, la tension de la corde est $T_c = 10 \text{ kg} \times 10 \text{ m} / (4 \times 0,1 \text{ m}) = 250 \text{ kg}$. C'est « l'effet de flèche », un puissant effet d'amplification des forces, qui a des avantages et des inconvénients. Si on divise la flèche par 2, en passant de 10 à 5 cm, la tension de la corde est doublée et passe à 500 kg. L'avantage est que cet effet peut remplacer un levier ou un treuil, par exemple pour « étarquer une drisse » sur un navire, ou faire « riper » un objet très lourd sur le sol. L'inconvénient, c'est qu'une corde à linge ne peut pas être rectiligne, car elle devrait avoir une tension infinie. Cet effet va jouer puissamment pour le *velum*. Nous considérons une bande de 4 m de large (distance moyenne indiquée par R. Graefe entre deux mâts installés à l'extérieur de la *cauea*) et de 64 m de long⁵³, soit 256 m². Une toile légère peut peser autour de 300 g/m², mais il faut prévoir des coutures, des ourlets, des ganses, des renforts et des œillets. Nous retiendrons donc 400 g/m², ce qui nous donne une toile de 102,4 kg que nous arrondissons à 100 kg. Nous supposons que chaque corde porte les deux bandes de toile qui la jouxtent, avec des anneaux coulissants communs aux deux bandes. En matière de poids, chaque corde porte deux demi-bandes, donc le poids d'une bande. Pour une bande de toile dépliée (100 kg), la charge est répartie tout au long de la corde (64 m). Supposons une flèche de 2 m, la tension théorique de la corde sera alors de 800 kg⁵⁴. Une corde courante, de l'ordre d'un pouce de diamètre, est suffisante mais elle a son propre poids, qui doit être cumulé avec celui de la toile. Il faut aussi ajouter le poids des anneaux (un anneau est prévu tous les 4 m environ) et celui du cordage de commande, en va-et-vient. Le poids total porté par chaque corde est donc d'environ 160 kg⁵⁵ et la tension réelle est de l'ordre de 1 300 kg⁵⁶. L'anneau central où se rejoignent toutes les cordes radiales est en fait un polygone, dont le nombre de côtés dans la partie en « demi-cercle » correspond au nombre de cordes, soit 56. Les calculs montrent que la tension théorique de l'anneau est d'environ 23 tonnes⁵⁷. Il faut à peu

53. Diamètre de la *cauea* – diamètre de l'anneau central de cordes / 2 c'est-à-dire $[158 - 30] / 2$.

54. $T_c = 100 \text{ kg} \times 64 \text{ m} / (4 \times 2 \text{ m}) = 800 \text{ kg}$.

55. Toile de 4 m sur 64 m ($0,4 \text{ kg/m}^2$) = 102,4 kg; corde d'un pouce de 64 m ($0,7 \text{ kg/m}$) = 44,8 kg; cordelette, un doigt, 128 m ($0,1 \text{ kg/m}$) = 12,8 kg; anneaux de bronze, $60 \text{ g} \times 16 = 960 \text{ g}$.

56. $T_c = 160 \text{ kg} \times 64 \text{ m} / (4 \times 2 \text{ m}) = 1280 \text{ kg}$.

57. $T_c = T_f \times N / \text{Pi} = 1300 \text{ kg} \times 56 / \text{Pi} = 23 \text{ tonnes}$.

près trente cordes d'un pouce pour supporter cette force de traction, ce qui correspond à un gros cordage d'environ 5 pouces de diamètre. Si le demi-cercle central mesure 15 m de rayon, son périmètre est donc d'environ 77 m et son poids de 1 620 kg⁵⁸. Ce poids central, rapporté à un des 56 secteurs, représente 29 kg, qui doivent s'ajouter aux 160 kg déjà cumulés, soit environ 190 kg par secteur. La tension des cordes s'accroît donc pour atteindre 1 544 kg⁵⁹ et la tension dans l'anneau central est de 27,30 tonnes⁶⁰. Dix tonnes et demi sont ainsi suspendues dans les airs⁶¹. Pour estimer le dénivelé entre le haut des mâts et l'anneau central, celui-ci n'ayant pas un poids prépondérant, on peut considérer que les cordes l'atteignent horizontalement. En supposant leur forme parabolique et une flèche de 2 m, on obtient alors un dénivelé 4 fois plus grand, atteignant les 8 m. N'oublions pas que, près de l'anneau, les cordes sont espacées de seulement 1,37 m⁶², donc les bandes de toile de 4 m « godaillent » de près de 2 m, longueur qui s'ajoute aux 8 m estimés, pour aboutir à un *uelum* qui descend jusqu'à 10 m plus bas que le niveau auquel il est fixé aux poteaux. Pour la solidité de ceux-ci, il y a deux éléments à considérer : le risque de rupture et la déformation. Rappelons que nous avons évalué la tension des cordes à environ 1,5 tonne. La contrainte normale mécanique (sigma) entraînant la rupture est de l'ordre de 70 MPa pour le châtaignier, de 95 MPa à 105 MPa pour le chêne, de 110 à 120 MPa pour le hêtre. Nous prenons sigma = 90 MPa. Par sécurité, nous réalisons des poteaux qui doivent supporter de 2 à 3 tonnes de traction latérale à la rupture. On utilise la formule : $F = \sigma D^3 / (32 L)$. F est la force appliquée horizontalement en tête de mât, D est le diamètre du poteau et L sa longueur. Pour D = 30 cm (mesure attestée à Orange) et L = 8 m (en haut de la *cauea*), la rupture se fait à 3 tonnes ; pour D = 30 cm et L = 1 m (derrière le mur de scène), la rupture se fait à 24 tonnes. La flexion des mâts a été calculée mais elle est tellement faible au niveau du mur de scène et tellement réduite par le système de renfort que nous avons supposé en haut de la *cauea*⁶³ qu'elle n'influe pas sur la problématique générale.

Étude de la dynamique

La force de traction nécessaire pour faire glisser un anneau métallique sur une corde horizontale est de l'ordre de 1/3 de la charge portée par l'anneau. À partir de cette donnée, nous allons calculer les forces en jeu d'abord pour replier, puis pour déployer le *uelum*. Chaque anneau porte environ 1/15 du poids d'une bande de toile : il y a un anneau tous les 4 m, donc 16 anneaux par corde de 64 m, mais chaque bande est soutenue par deux cordes. Chaque anneau porte donc 3,4 kg⁶⁴. La cordelette du va-et-

58. 77 m x 30 cordes x 0,7 kg / m.

59. (1300 kg x 190) / 160 = 1544 kg.

60. (23 x 190) / 160 = 27,30 tonnes.

61. 190 kg x 56 secteurs = 10,6 tonnes.

62. 77,1 m / 56 = 1,37 m.

63. Voir *infra*.

64. 102,4 / 30 = 3,4 kg.

vient entraîne le premier anneau, celui qui est le plus bas, près du grand anneau de cordage central. À cet endroit, la corde support est horizontale et, pour replier le *uelum*, seule intervient la force de glissement de l'anneau sur cette corde. La traction théorique, très faible, est donc d'1,1 kg⁶⁵. Mais il faut aussi évaluer les frottements des quatre poulies du va-et-vient, dus à la tension de la cordelette. Cette tension est causée par le poids de la cordelette, amplifié par l'effet de flèche dans la partie supérieure du va-et-vient, sur une longueur de 64 m. La flèche est du même ordre que celle des cordes porteuses, soit 2 m. Le poids de la cordelette sur 64 m étant de 6,4 kg⁶⁶ et réparti, on surestime son effet en le supposant au milieu à 51,2 kg⁶⁷. Le frottement résultant au niveau de l'axe d'une poulie est de l'ordre de 10 kg et, au niveau de la gorge, il est divisé par le rapport des diamètres poulie / axe, de l'ordre de 10, soit 1 kg par poulie. La force réelle à exercer pour faire bouger le premier anneau est donc de 3,1 kg⁶⁸. Quand le *uelum* est à demi replié, on tire alors la moitié des anneaux, soit 8,8 kg de frottement⁶⁹. Par ailleurs, à cet endroit, la corde support n'est plus horizontale (fig. 7). Sa pente est égale à la pente moyenne des cordes porteuses, soit le dénivelé de 8 m divisé par la longueur de 64 m. Le poids tiré est celui de la moitié d'une bande de toile, soit 51,2 kg. Par effet de plan incliné, la traction correspondante est réduite à 6,4 kg⁷⁰. Au total, la traction est de 15 kg⁷¹. Cela augmente un peu le frottement de la poulie qui renvoie cette force vers l'opérateur, sans affecter les autres. On atteint donc 18,1 kg⁷². À la vitesse de 50 cm / s, l'opérateur développe une puissance $P = m g v^{73} = 18,1 \times 9,81 \times 0,64 = 114$ watts⁷⁴. Si ce rythme était tenu sur toute la remontée, les 64 m seraient repliés en 128 secondes⁷⁵, soit deux minutes. Cette puissance et cette durée seraient compatibles pour un homme entraîné. Mais, si le début du repliement est relativement facile, nous allons voir que la fin l'est moins. Par rapport au « mi-chemin », la masse de *uelum* tractée est doublée et l'effet de plan incliné est divisé par un facteur supérieur à 2, d'où une force de montée plus que quadruplée, tandis que la force de frottement est doublée, soit un total supérieur à 43,2 kg⁷⁶, plus au moins 5,3 kg pour les quatre poulies, soit près de 48,5 kg. Un repli rapide avec un seul homme par corde de va-et-vient semble faisable, mais ce dernier ne pourra que difficilement replier les derniers mètres de voiles seul.

65. $1/3 \times 3,4 \text{ kg} = 1,1 \text{ kg}$.

66. Voir *supra*.

67. $T_c = T_f \times c / (4 f) = 6,4 \times 64 / (4 \times 2) = 51,2 \text{ kg}$.

68. 1 kg par poulie et 1,1 kg de traction.

69. $8 \times 1,1 \text{ kg} = 8,8 \text{ kg}$.

70. $51,2 \text{ kg} \times 8 / 64 = 6,4 \text{ kg}$.

71. $8,8 + 6,4 = 15 \text{ kg}$.

72. $15 + 3,1 = 18,1 \text{ kg}$.

73. m = force en kg / force (masse que l'on soulève) ; g = accélération de la pesanteur ; v = vitesse à laquelle on tire la corde en mètres par seconde.

74. Une telle puissance demande un effort important, d'où la présence de treuils sur la figure 8. Dans ce cas, la vitesse de repliement diminue.

75. $64 / 0,50 = 128$.

76. $8,8 \times 2 + 6,4 \times 4 = 43,2 \text{ kg}$.

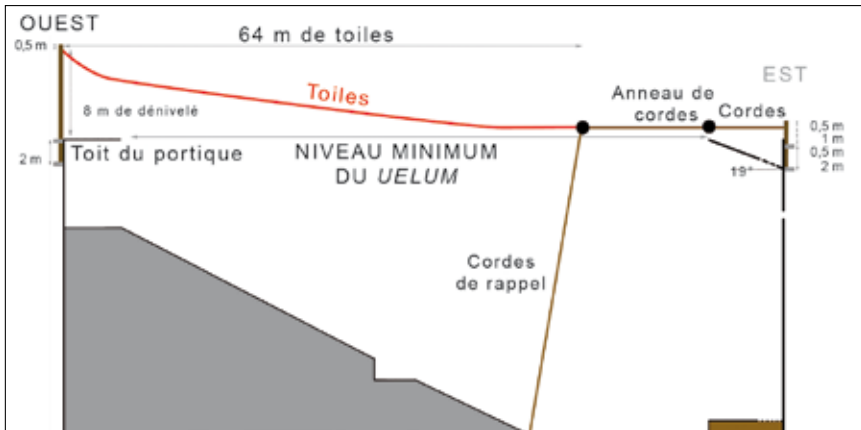


Fig. 7 – Installation du *uelum* à cordes sur le théâtre de Pompée
(S. Madeleine, d'après les croquis réalisés par A. Hairie)

Ces derniers mètres de *uelum* devaient donc n'être repliés que dans un second temps, probablement par petites équipes de quelques hommes. Il y a d'autre part une difficulté de prise en main si la cordelette est trop mince, surtout pour exercer une force supérieure à 20 kg. Plusieurs solutions sont envisageables : porter des gants de cuir, augmenter le diamètre de la corde, ou installer un petit treuil sur lequel passeraient quelques tours du va-et-vient (fig. 8). Il est aussi possible d'affecter deux hommes à chaque poste. On peut songer à remplacer les anneaux de glissement par de petites poulies, ce qui va rendre les frottements négligeables. À mi-montée, l'effort de l'opérateur serait alors réduit de 8 kg, soit 11,5 kg au lieu de 19,5 kg. En fin de montée, il serait réduit de 16 kg, soit 36 kg au lieu de 52 kg. Le *uelum* pouvait donc être replié en deux minutes environ, par cinquante-six hommes, sauf pour les derniers mètres qui devaient être montés par des groupes d'hommes dans un second temps. La manœuvre de déploiement est beaucoup plus facile que celle du repliement. Les seules forces à vaincre sont les frottements mais le poids de la toile descendante fournit une aide. Les premiers mètres de descente risquent même de se faire par glissade spontanée. Les frottements pour un *uelum* à mi-descente correspondent à 13,3 kg⁷⁷. Nous avons aussi calculé l'effet de plan incliné de 6,4 kg, qui apporte une aide à la descente. La force à exercer par l'opérateur n'est donc que de 6,9 kg⁷⁸. En fin de descente, les frottements sont réduits à 4,5 kg, donc toute la descente se fait aisément. L'opérateur pouvait brasser sa cordelette à 2 m/seconde, d'où une descente possible en une minute. Le déploiement des voiles était donc assez spectaculaire. Si on optait pour de petites poulies à la place des anneaux de glissement, le déploiement deviendrait encore plus spectaculaire, ce qui montre à quel point la machinerie pouvait faire partie du spectacle.

77. 8,8 kg pour les anneaux et 4,5 kg pour les poulies.

78. 13,3 kg – 6,4 kg = 6,9 kg.

Hypothèses de manœuvre

Nous partons du présupposé que l'anneau de corde qui soutient le *uelum* doit impérativement être arrimé côté mur de scène au-dessus du niveau supérieur du toit du *pulpitum*. Deux raisons expliquent ce postulat de départ : 1. Les toiles partant de la *cauea* arrivent au niveau de l'anneau central de cordes à l'horizontale (fig. 7), et pour des questions de forces, il est raisonnable de maintenir cette horizontalité jusqu'au point de fixation des cordes derrière le mur de scène ; 2. il n'est pas envisageable de percer les murs des massifs situés autour du mur de scène pour faire passer des cordes, ni de cacher une quelconque partie de la décoration scénique avec le *uelum*. Les mâts installés derrière le mur de scène peuvent donc mesurer 4 m de haut (2 m entre les deux consoles, 0,5 m entre la console supérieure et le haut du mur de scène, 1 m de marge entre le haut du mur de scène et le niveau minimum d'arrivée du *uelum* et 0,5 m pour que les cordes ne soient pas fixées tout en haut des mâts – fig. 7). Nous maintenons une marge d'1 m du côté de la *cauea* entre le niveau minimum du *uelum* et le haut du toit du portique (fig. 7). Nous avons démontré que le poids de l'ensemble du *uelum* entraînait un dénivelé de 8 m entre le niveau minimum du *uelum* et l'endroit où les cordes étaient fixées aux mâts. Ce dénivelé implique une élévation de 8 m du *uelum* au-dessus du toit du portique. Avec une telle implantation et en admettant d'une part que l'espace entre le logement inférieur du mât et la console trouée supérieure soit de 2 m (moyenne donnée par R. Graefe), d'autre part que la console trouée se trouve au niveau du toit du portique, alors les mâts installés autour de la *cauea* mesurent 10,5 m de haut (2 m entre les deux consoles, 8 m pour l'affaissement des toiles et 0,5 m car les cordes ne sont pas fixées à l'extrémité supérieure du mât – fig. 7).

La solution proposée pose une double difficulté : comment atteindre le *uelum* installé à cette hauteur et surtout comment le manœuvrer ? Le premier point est le plus simple à résoudre : il est nécessaire d'installer un « chemin de ronde » en bois au-dessus du toit du portique afin que les hommes chargés de la manœuvre puissent accéder aux toiles pour les ferler. Une fois le *uelum* replié, les toiles pendent de 2 m. Afin de pouvoir fixer les garcettes sur les toiles comme nous l'avons dessiné sur la figure 1, le chemin de ronde devra être placé à 5 m au-dessus du toit du portique afin de laisser aux hommes manœuvrant les toiles 1 m de passage minimum sous le *uelum* replié. Le chemin de ronde a deux avantages : donner l'accès aux voiles et, par sa structure, constituer un étau renforçant la tenue du mât (fig. 8).

Nous envisageons ensuite deux hypothèses pour la manœuvre des cordes, présentées sur la figure 8. Dans un cas, les cordes de va-et-vient sont manœuvrées à l'aide d'un treuil, dans l'autre avec un système de poulies. Dans tous les cas de figure, il est préférable de manier les cordes utilisées à chaque spectacle au niveau le plus bas (depuis le toit du portique). Une variante est introduite par la possibilité de manœuvrer les cordes tenant l'anneau central soit depuis le toit du portique, soit depuis le chemin de ronde, mais cette manœuvre pouvait n'être effectuée qu'une fois par an, à l'occasion d'un démontage et d'un remontage complet du système pour l'entretien. Quand le *uelum* n'était pas déployé, c'est-à-dire quand il n'y avait pas de spectacle

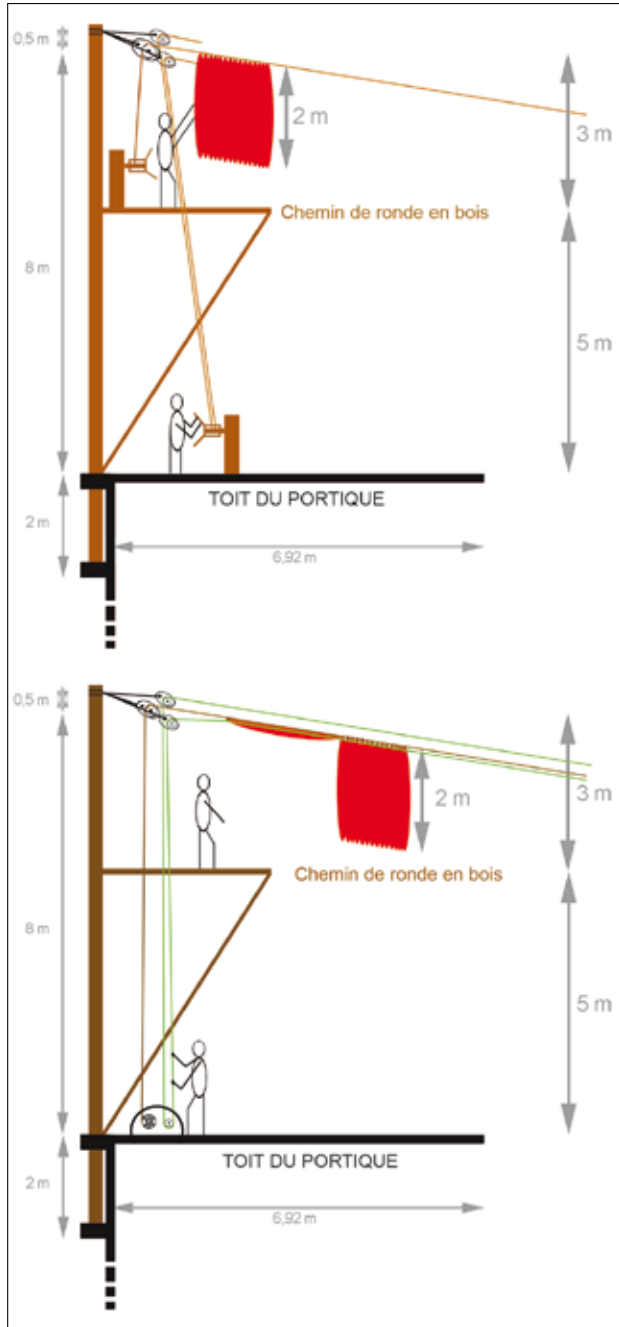


Fig. 8 – Deux propositions de manœuvre du *uelum* à cordes
(S. Madeleine, d'après les croquis réalisés par A. Hairie)

ou en cas de vents trop violents, la structure de soutien en cordes restait certainement en place pour de simples raisons pratiques. Comme il n'y avait aucune toile tendue entre les cordes à ce moment-là, la prise au vent ne devait être que minime. En tout état de cause, la présence du chemin de ronde est indispensable pour l'accès aux toiles à ferler. Cette manœuvre peut être réalisée par le même homme que celui qui s'installe sur le toit du portique mais dans un second temps, une fois que l'ensemble des voiles est plié (fig. 8).

L'efficacité du système

On voit sur la figure 6 qu'avec un système à cordes l'intégralité des gradins peut être couverte sans problème, sans que l'on ait à prendre en compte des questions de poids ou d'envergure de vergues. Toutes les toiles sont ici soutenues par des cordes, elles-mêmes arrimées aux mâts et nouées sur l'anneau central qu'elles tendent au-dessus du théâtre. Pour confirmer l'efficacité du système, trois nouvelles simulations du déplacement du soleil ont été effectuées virtuellement avec ce *uelum* soutenu par des cordes : une au solstice d'été, une à l'équinoxe et la dernière au solstice d'hiver. Nous ne présentons ici que les résultats au solstice d'été⁷⁹. On voit qu'au 21 juin, la protection des gradins du théâtre de Pompée est bonne (fig. 9), bien meilleure en tout cas qu'avec le système à vergues. À 10 h, la protection du premier *maenianum* est la même que dans le cas du système à vergues (puisque l'ombre vient du mur de scène) mais une très grande partie du second *maenianum* est également protégée. À midi, la quasi-totalité du premier et du second *maenianum* est protégée : c'était loin d'être le cas avec le système à vergues. Mais c'est surtout à 14 h que la différence est sensible puisque, dès le début de l'après-midi (c'est-à-dire dès le moment où le soleil devient le plus difficile à supporter), pratiquement toute la *cauea* est protégée.

Finalement, l'hypothèse du *uelum* à vergues de R. Graefe (envisageable sur certains édifices) s'adapte mal à la *cauea* du théâtre de Pompée, trop grande pour être ainsi efficacement protégée. Nous proposons donc une protection avec un système de cordes reliant la *cauea* au mur de scène, qui dresse une sorte de toile d'araignée où sont dépliés les voiles. Les textes anciens, les sources archéologiques et l'expérimentation dans le modèle virtuel nous confortent dans ce choix.

Les limites de l'utilisation du *uelum*

La pluie

L'idée que les voiles puissent servir de protection contre la pluie est d'abord exclue pour des considérations techniques : la toile de lin n'est pas étanche et la toile mouillée aurait vraisemblablement pesé trop lourd pour l'ensemble du système. Ensuite, même si les moyens techniques avaient permis d'étanchéfier la toile et de renforcer les

79. Pour les autres moments de l'année, qui ne font que confirmer l'efficacité du système, voir la publication de ma thèse, citée note 1.

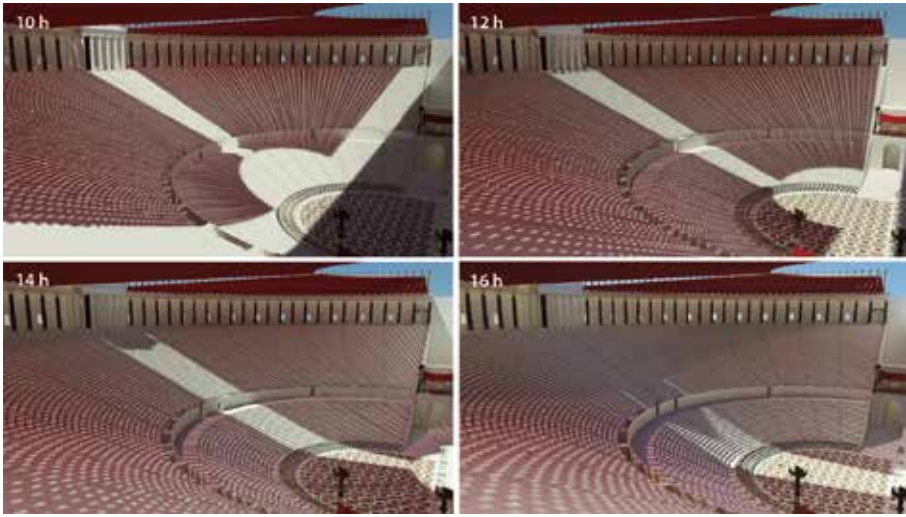


Fig. 9 – Efficacité du *uelum* à cordes au solstice d’été à 10 h, 12 h, 14 h et 16 h
(UCBN – Plan de Rome, France)

soutiens, l’inclinaison du *uelum* vers le centre de l’édifice de spectacle aurait produit un « rideau de pluie » entre les spectateurs et la scène. Si le *uelum* ne constituait pas un abri efficace pour protéger les spectateurs de la pluie, ceux-ci n’en étaient pas pour autant livrés à eux-mêmes pendant les intempéries. Nous savons qu’en cas d’averses, ils pouvaient s’abriter sous la *porticus post scaenam* justement prévue à cet effet par les architectes. C’est ce que dit explicitement Vitruve : « À l’arrière de la scène il faut établir des portiques, de façon à ce que, lorsque des pluies soudaines ont interrompu les jeux (*cum imbres repentini ludos interpellauerint*), le public ait un lieu où se replier au sortir du théâtre, et qu’il y ait de l’espace pour la préparation matérielle des spectacles (*choragia*) : tels sont les portiques de Pompée... »⁸⁰. Le texte est clair sur le sujet : en cas de pluie, les *ludi* sont interrompus dans les théâtres.

Le vent

L’autre facteur naturel qui compliquait l’utilisation du *uelum* est le vent, qui soufflait parfois trop fort pour que les voiles et leur système de soutien puissent résister. Si des vents violents s’engouffraient sous le *uelum*, ils pouvaient tout arracher avec le coût financier que l’on imagine, mais aussi les risques encourus par les spectateurs assis dans la *cauea*. Il fallait donc prévoir un système rapide pour ferler les voiles, au cas où le vent se monterait au cours d’une représentation qui aurait débuté dans de bonnes conditions météorologiques. Grâce au texte de Martial cité plus haut à propos du *culus Lydiae*, nous apprenons que l’utilisation du *uelum* était compromise si le vent du sud,

80. Vitruv. 5, 9, 1, trad. C. Saliou, Paris, Les Belles Lettres, 2009.

le Notus, se mettait à souffler et que la seule solution pour préserver les toiles était de les ferler, de les replier pour offrir le moins de surface possible exposée aux vents. Les Romains les plus prévoyants ou considérant les vents incertains avaient trouvé une parade pour se protéger du soleil : ils utilisaient une ombrelle personnelle qui avait la même fonction que le *uelum*. La petite surface de toile était en effet beaucoup plus facile à contenir en cas de rafales et, selon Martial, il pouvait s'agir d'une solution providentielle :

Accepte une ombrelle (*umbracula*) pour vaincre les soleils trop accablants (*nimios soles*) : s'il fait du vent, ton propre voile (*tua uela*) t'abritera⁸¹.

Finalement, si le théâtre de Pompée ne semblait pas, au départ, l'exemple idéal pour travailler sur la restitution du *uelum* (absence de sources iconographiques et archéologiques, hormis peut-être le gradin percé⁸²), sa grande taille en fait un cas d'étude particulier, tout à fait intéressant. Nous avons pu mettre en avant les limites d'un *uelum* à vergues pour les édifices de spectacle présentant une *cauea* relativement large et proposer, à partir d'indices recueillis dans des sources textuelles concernant le théâtre de Pompée lui-même et dans des sources archéologiques concernant d'autres édifices (particulièrement sur le théâtre d'Orange), un système de toiles uniquement soutenues par des cordes, s'affranchissant ainsi des limites d'extension des vergues. L'implantation d'un tel système n'étant nécessaire que sur les théâtres les plus imposants, l'absence de source iconographique et le faible nombre des autres sources s'expliquent. Dans la même perspective, le très faible nombre de murs de scène conservés jusque dans leur partie supérieure réduit considérablement les possibilités d'observation d'un système uniquement soutenu par des cordes. La simulation solaire réalisée en restitution virtuelle a montré l'efficacité de ce *uelum* à cordes, qui, s'il reste une hypothèse, a au moins le mérite d'être en accord avec le peu de sources anciennes à notre disposition. Les calculs ont également montré que les toiles, malgré leur longueur et leur poids considérable, pouvaient être dépliées en une minute et repliées en deux minutes, manœuvres certainement impressionnantes qui participaient à l'atmosphère si particulière des jours de jeux. Le *uelum*, à lui seul, conditionnait largement l'ambiance de la *cauea*, de façon visuelle d'abord, avec les jeux de couleurs qui se reflétaient sur les gradins et sur les toges blanches de spectateurs⁸³, de façon auditive ensuite, avec les claquements de voiles⁸⁴ qui rythmaient la journée, et on peut maintenant considérer que la prouesse technologique faisait peut-être aussi partie de la magie du spectacle.

Sophie MADELEINE

ERSAM

Université de Caen Basse-Normandie

81. Mart. 14, 28 ; voir aussi Mart. 11, 21 cité au début de l'article.

82. Voir *supra*.

83. Lucr. 4, 75.

84. Lucr. 6, 108.

