

bon marché pour la recherche martienne, à un moment où les agences spatiales du monde entier peinent à financer la poursuite de l'exploration de Mars.

Environ 90 pour cent des 194 pays de la planète ne sont pas partenaires de la Station spatiale internationale et ont donc peu de perspectives d'accès à cette grande station unique en son genre. Pour des nations telles que la Chine, l'Inde et la Corée du Sud, des stations spatiales commerciales privées pourraient être la meilleure voie pour des séjours de longue durée dans l'espace en vue de recherches scientifiques et techniques, sans parler du prestige national.

La première (et la plus connue) de ces initiatives est la station spatiale privée de *Bigelow Aerospace*. Sans trop de publicité, la société a déjà construit deux prototypes de station spatiale qu'elle teste en orbite terrestre basse. En proposant des places pour un maximum de six chercheurs, la première station habitée de *Bigelow* doublera le nombre de chercheurs en orbite. Ce faisant, et en utilisant des taxis spatiaux privés tels que le CST-100 en préparation chez *Boeing* ou le *Dragon* de *SpaceX* (tous deux conçus pour transporter des astronautes sur la Station spatiale internationale), la station de *Bigelow* pourrait bien offrir aux chercheurs, aux agences nationales et aux entreprises privées un accès plus rapide à l'espace pour un coût au moins deux fois inférieur au prix estimé d'un lancement *Soyouz* et d'un séjour sur la Station spatiale internationale.

Des stations spatiales privées

Mais *Bigelow* n'est pas la seule entreprise sur le créneau. Une autre société, *Excalibur Almaz*, projette de construire une station similaire, mais plus petite, qui utilisera des modules de station spatiale de rechange et des véhicules de transport d'équipage datant de l'ère soviétique.

Les capsules spatiales *Dragon* de *SpaceX* pourraient aussi être utilisées comme stations spatiales durables. Actuellement, les véhicules *Dragon* sont sous contrat avec la NASA pour faire la navette avec du fret jusqu'à la Station spatiale internationale. Dans un avenir proche, elles pourraient aussi transporter des astronautes, mais le potentiel des capsules *Dragon* ne s'arrête pas là. *SpaceX* projette à la fois des missions « DragonLab » automatiques et habitées qui peuvent monter en orbite terrestre, s'y



2. LE VAISSEAU DRAGON de *SpaceX* ravitaille la Station spatiale internationale pour la première fois en mars 2013.

■ SUR LE WEB

Programme de la NASA de développement commercial pour équipages : www.nasa.gov/offices/c3po/home

Fédération des vols spatiaux commerciaux : www.commercialspaceflight.org

■ BIBLIOGRAPHIE

D. Freedman, *Vers la privatisation des vols spatiaux*, *Pour la Science*, n° 400, février 2011.

M. Belfiore, *Rocketeers : How a Visionary Band of Business Leaders, Engineers, and Pilots Is Boldly Privatizing Space*, Harper Perennial, 2008.

attarder quelques semaines ou quelques mois pour effectuer des recherches avec des charges utiles internes ou externes, et cela pour un coût inférieur à celui que factureront vraisemblablement les stations spatiales commerciales.

Ces innovations représentent les premières options fondamentalement nouvelles que nous avons pour aller dans l'espace depuis les années 1950 et 1960, époque où sont apparus la recherche suborbitale, les missions planétaires et les satellites en orbite terrestre. Mais nous en sommes encore à la première phase de cette révolution commerciale, et de nombreuses questions subsistent. Dans quelle mesure les entreprises émergentes vont-elles modifier la science spatiale et inspirer le grand public ? Parviendront-elles rapidement à convaincre davantage d'entrepreneurs de rejoindre la révolution spatiale commerciale ? La réponse dépend notamment de la capacité à innover dont les chercheurs et les agences spatiales feront preuve, et de la rapidité avec laquelle ils apprendront à s'adapter au monde de l'espace commercial et à l'exploiter.

Si l'aventure commerciale suborbitale et orbitale connaît le succès, elle pourrait ouvrir une nouvelle voie pour explorer les astéroïdes et les planètes du Système solaire. La science en tirerait des bénéfices comparables à ce qu'elle a connu quand des expéditions privées ont accédé aux régions polaires. Mais, contrairement aux pôles, dans l'espace, on peut aller toujours plus loin... ■

- L'amphithéâtre romain était à l'origine une *spectacula*, c'est-à-dire une installation conçue pour donner à voir des combats.
- D'abord en bois, il a dans un premier temps gardé la forme arrondie que lui avaient donnée les charpentiers.
- Puis l'arène elliptique, qui évite tout angle mort, est apparue. Elle s'est généralisée, sauf dans les cas où l'amphithéâtre devait aussi jouer le rôle de théâtre.
- L'amphithéâtre a alors atteint une perfection technique, qui explique que les arènes de Fréjus, d'Arles et de Nîmes soient toujours utilisées.

L'



1. LE COLISÉE À ROME, immense amphithéâtre dont l'arène est elliptique, pouvait accueillir jusqu'à 75 000 spectateurs. Ceux-ci observaient la scène sans angles morts, et sans risques de mouvements de foule dangereux.

amphithéâtre romain

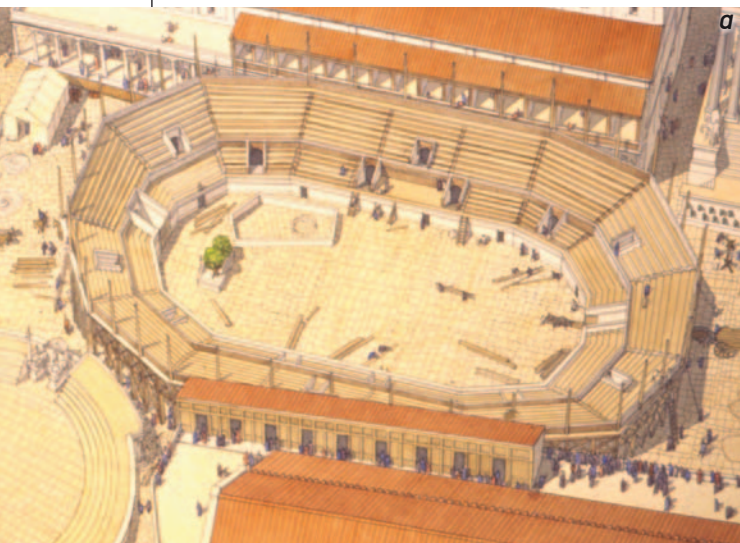
une architecture optimale

La *spectacula*, qui deviendra l'amphithéâtre, est le seul grand édifice antique spécifiquement romain. Il est le fruit de siècles d'une étonnante optimisation architecturale.

Jean-Claude Golvin

Quand l'empereur [Commode] combattait, nous autres sénateurs nous rendions chaque fois à l'amphithéâtre avec les chevaliers ; il n'y avait que le vieux Claudius Pompéianus qui n'y paraissait jamais...
Dion Cassius, *Histoire romaine*, livre LXXII, 20

Pour Claudius Pompéianus (130-193), voir le sanginaire empereur Commode (161-192) descendre dans l'arène et jouer au gladiateur, c'était voir déchoir la fonction impériale. Général renommé et gendre de Marc Aurèle (121-180), père de Commode, Pompéianus fut le seul à oser montrer ce qu'il pensait à l'empereur. Inventé par les Romains pour accueillir les combats de gladiateurs, l'amphithéâtre est l'un des édifices les plus emblématiques de la société romaine. L'histoire de ce bâtiment et de ses évolutions architecturales pendant quelque trois siècles et demi a été précisée par des décennies d'études historiques et archéologiques. Cet article en récapitule les principaux résultats.



CES QUELQUES RESTITUTIONS D'AMPHITHÉÂTRES ROMAINS illustrent la variété des formes de ce type de bâtiments. En *a*, une restitution théorique d'un amphithéâtre en bois, tel qu'on en construisait sur le *forum Romanum* à Rome au II^e siècle avant notre ère. On note les demi-cercles délimitant l'arène et les

gradins de bois des tribunes, déjà en pente pour améliorer la perception du spectacle. L'amphithéâtre construit à Pompéi vers 70 avant notre ère (*b*) est un cas de transition entre la forme primitive d'arène et l'arène elliptique. On le note à sa construction sur un soubassement délimité par des demi-cercles, donc de

L'AUTEUR



Jean-Claude GOLVIN, architecte et archéologue, est directeur de recherche émérite au CNRS.

BIBLIOGRAPHIE

J.-Cl. Golvin, *L'amphithéâtre romain et les jeux du cirque dans le monde antique*, Archéologie Vivante, 2012.

É. Teyssier, *La mort en face - Le dossier Gladiateurs*, Actes Sud, 2009.

A. Berlan-Bajard, *Les spectacles aquatiques romains*, Collection de l'École française de Rome, vol. 360, 2006.

P. Gros, *L'architecture romaine - 1. Les monuments publics*, Picard, 1996.

J.-Cl. Golvin, *L'amphithéâtre romain*, Centre Pierre Paris/De Boccard, 1988.

À travers l'Empire romain, plus de 250 amphithéâtres romains nous sont connus. Ils ont souvent laissé d'impressionnants vestiges. Ceux de Fréjus, d'Arles et de Nîmes ont si bien résisté au temps que l'on y organise toujours des combats... de taureaux. Dans le cas des arènes de Nîmes et d'Arles (voir la figure 2), des foules de 20 000 à 25 000 personnes pouvaient accéder au spectacle et en revenir facilement ; les effectifs atteignaient 50 000 à 75 000 spectateurs dans le cas du Colisée de Rome...

Lieux pour combats privés

Comment étaient construits de tels édifices ? Normalement de forme elliptique, un amphithéâtre est constitué d'une arène (du latin *arena* pour sable), comportant des gradins étagés (*cavea*) ainsi qu'un système de circulation interne pour y accéder (escaliers d'accès, galeries de circulation) et des espaces techniques (ascenseurs, caves, etc.).

L'invention des amphithéâtres trouve son origine dans un trait culturel italique : l'habitude d'organiser des combats privés rituels qu'avaient prise plusieurs peuplades de l'Italie antique. Leurs premières représentations se trouvent sur les parois des tombes

de Paestum en Lucanie, c'est-à-dire dans la région centrale de la botte italienne, entre Pouilles et Calabre ; elles sont datées de 370 à 340 avant notre ère, ce qui suggère que la coutume est originaire d'Italie du Sud.

Quoi qu'il en soit, les scènes représentées à Paestum montrent deux antagonistes qui s'affrontent en présence d'un arbitre. Ils portent les mêmes armes et leurs panoplies ne diffèrent pas de celles des guerriers de l'époque. Pour autant, leurs affrontements ayant lieu dans un contexte funéraire et sacré, il ne s'agissait pas d'une forme de sacrifice humain, mais de combats spectaculaires, donnés à l'occasion de jeux funèbres, où le sang versé était censé honorer les mânes du défunt. Un proche du défunt faisait l'offrande d'un spectacle, d'où le nom donné à ce type de combat : *munus*, au pluriel *munera*, qui signifie « don ». Un simple terrain aménagé devant les tombes, éventuellement cerné d'une palissade provisoire, suffisait probablement comme cadre aux premiers spectacles.

Dès le début, s'étaient ainsi différenciées les deux parties essentielles d'un programme monumental : une aire de combat centrale où évoluaient les combattants, et une zone périphérique où se tenaient les spectateurs.



forme primitive. L'amphithéâtre de Saintes [c], probablement construit sous le règne de Tibère [14-37], est restitué au moment de la *pompa*, c'est-à-dire du défilé des gladiateurs; implanté dans un vallon, il présente lui aussi une arène elliptique « optimisée », dont le grand axe vaut approximativement 1,5 fois le petit axe.

L'amphithéâtre de *Leptis Magna* [d], en Libye, a été creusé dans le roc sous le règne de Néron [54-68]; ce grand amphithéâtre avait la forme de deux théâtres accolés, afin de pouvoir y tenir aussi des représentations... théâtrales; sous le soleil intense de Libye, un *velum* (un toit de toile) était prévu.

Les combats privés sont ensuite attestés sur des urnes étrusques, qui révèlent une différenciation des deux adversaires. Armés différemment, ils jouent désormais un rôle complémentaire: on oppose un gladiateur bien protégé et puissamment armé à un autre plus léger et plus rapide. Le spectacle se théâtralise. Déjà, il se professionnalise et, progressivement, devient un genre constitué de spécialités affirmées, reconnaissables aux armes portées.

Le premier combat attesté à Rome fut donné dans une nécropole voisine du cirque Maxime en 264 avant notre ère. Par la suite, le succès grandissant de ces spectacles et la volonté de leur conférer un maximum d'effet ont incité à les donner sur la place publique des villes d'Italie; à Rome, c'était sur le *Forum Romanum*. Les donateurs ne pouvaient pas trouver de lieu plus prestigieux et symbolique que cette vénérable place publique située sur le parcours de la *Via Sacra* (voie romaine traversant le *Forum Romanum*) emprunté par les cortèges des triomphes. Petit à petit, l'organisation de combats devient plus fréquente et le lien avec les funérailles s'est distendu. Ces combats perdirent de leur caractère sacré pour devenir un spectacle pur, exerçant une fascination marquée sur le public.

Recouvert de sable, le sol de l'aire de combat est devenu l'arène. Le sable évitait aux combattants de glisser et facilitait une remise en état rapide après chaque confrontation. L'architecte romain Vitruve (-90 à -20) a insisté sur le fait qu'un *forum* romain devait être rectangulaire, en préconisant que le rapport idéal de ses côtés soit égal à 3/2. Cette forme et ce rapport expliquent l'allongement de l'arène des amphithéâtres et les proportions de ses axes. De même, l'importance moyenne de la superficie des forums a déterminé celle de l'aire de jeux sur laquelle le genre s'est fixé.

Des jeux de plus en plus fréquents et longs

L'augmentation considérable de la fréquence et de la durée des jeux dut poser des difficultés croissantes, car la place publique était trop souvent encombrée et ses autres fonctions (commerciale, judiciaire et sacrée) étaient perturbées. Cette situation a encouragé la création d'un monument permanent dédié à cette activité. Toutefois, cette innovation n'eut pas lieu à Rome, sans doute en raison du prestige inégalable du *Forum Romanum* qui a été utilisé le plus longtemps possible. À

Rome et parallèlement au *forum*, on mit à contribution un autre monument pour l'organisation de grands affrontements, le *Circus Maximus*: il vit l'apparition des premiers combats d'animaux, que l'on nommait des « chasses » (*venationes*).

Cependant, il est probable que la forme elliptique, qui allait devenir la caractéristique majeure des amphithéâtres romains, résulte du perfectionnement des édifices de bois provisoires qui étaient montés sur le *Forum Romanum* pour le déroulement des combats (voir l'encadré ci-dessus, a). Les architectes auraient fini par se rendre compte que la forme idéale de l'arène était celle pouvant combiner au mieux son allongement d'origine et une courbure du mur du *podium* supprimant les angles morts pour les spectateurs.

Précisons que le *podium* était la partie inférieure de l'espace dévolu aux spectateurs: surmontant l'arène de trois à six mètres, il constituait une sorte de galerie où prenaient place les personnages importants, et qui cachait un tunnel interne de circulation. La forme elliptique de l'arène favorisait l'évolution des combattants et la vision d'ensemble qu'en avaient les spectateurs. En outre, la surface de l'arène était ainsi pleinement utilisée.

Ces édifices en bois n'ont pas laissé de traces, mais on peut penser que le soubassement de l'amphithéâtre de Pompéi, avec ses deux extrémités semi-circulaires, rappelle la forme archaïque de leur plan. Ce type de monument fut longtemps nommé *spectacula*, ce qui signifie « lieu d'où l'on peut voir » ; ce n'est qu'au II^e siècle de notre ère que l'on commença à employer à leur propos le terme d'amphithéâtre, allusion au fait qu'on les a d'abord obtenus en accolant face à face deux théâtres ; on peut donc le traduire par « double théâtre », voire « théâtre rond ».

Une formule architecturale désormais au point

À Pompéi, il semble que les architectes du *spectacula* édifié vers 70 avant notre ère aient commencé l'édifice selon un plan de type ancien, puis changé d'idée en cours de chantier, pour appliquer la formule nouvelle inventée à Rome (voir l'encadré page 60, b). Ils construisirent ainsi à l'intérieur du soubassement déjà achevé un monument elliptique et furent les premiers à en réaliser un d'une telle ampleur. L'amphithéâtre, désormais libéré de l'espace contraignant du *forum*, pouvait accueillir un grand nombre de spectateurs. Il était possible de le construire n'importe où en périphérie de la ville, ce qui évitait d'encombrer la place publique et n'imposait plus de démontages fréquents. D'une formule provisoire et insatisfaisante, on était passé à une architecture définitive et efficace.

L'amphithéâtre de Pompéi, cas unique, représente le monument de transition qui montre comment et quand on est passé d'une forme à l'autre. Il est en effet bien daté, par une inscription, de l'année 75 avant notre ère. Tous les amphithéâtres construits par la suite reproduiront ce plan elliptique, si caractéristique du rapport étroit existant entre la forme et la fonction de l'édifice. La formule architecturale était désormais au point.

L'arène de forme elliptique était délimitée par le mur du *podium* (haut de 2,5 mètres au moins) dont la paroi était lisse pour ne pas donner prise aux animaux qui auraient tenté de s'échapper. En arrière du *podium* courait un corridor de service permettant l'accès des gladiateurs et dont les portes de bois s'ouvraient en direction de l'arène. Aux extrémités du grand axe

La gladiature, une comédie pour amphithéâtre

« Spectacle » vient de *spectacula*, premier nom de l'amphithéâtre. C'était en effet un lieu où l'on venait voir ce que les Romains trouvaient spectaculaire : des combats.

Il pouvait s'agir de luttes avec des animaux, de batailles navales, de massacres de condamnés, de combats de gladiateurs.

Ces combattants surentraînés, esclaves ou volontaires sous contrat, représentaient un tel investissement pour leur propriétaire-entraîneur que leur mise à mort après une défaite était rare et seulement due à la cruauté d'un public déçu...



© nito/shutterstock.com

se trouvaient des portes à doubles battants pour l'entrée des animaux les plus grands et l'évacuation de leurs cadavres après les combats.

Autour de l'arène s'étendait la *cavea* (l'ensemble concave des gradins), où le public se répartissait par catégories selon les règles très strictes fixées à Rome par Auguste. Les places les plus prestigieuses se trouvaient en bas, sur le *podium* ; les moins bonnes, tout en haut, étaient réservées aux femmes et aux hommes de basse condition. Le point de mire était la loge, située à une extrémité du petit axe, où prenait place la plus haute autorité présente. C'était l'endroit d'où l'on voyait le mieux et d'où l'on était aussi le mieux vu du public. Les spectateurs passaient par des galeries, passages et escaliers situés sous les gradins et débouchaient dans la *cavea* au plus près de leur place. Des indications portées sur le jeton (*tessera*) qu'on leur avait remis leur donnaient la marche à suivre. Le remplissage se faisait ainsi rapidement, sans confusion.

Un amphithéâtre transitoire

Près de l'amphithéâtre de Pompéi se trouvait le *campus*, un vaste terrain libre entouré d'un portique et propre aux exercices sportifs et à l'entraînement des militaires comme des gladiateurs. La ville possédait aussi une caserne de gladiateurs (ou *ludus*) installée sur l'emplacement du quadriportique du théâtre après le tremblement de terre de l'an 62. Ces professionnels y étaient formés selon leurs spécialités (*armaturae*) et y séjournaient avec leur famille. La caserne où vivait l'ensemble des gladiateurs (la *familia gladiatoria*) était dirigée par un entrepreneur privé (le laniste) qui achetait, formait, puis louait ou vendait les gladiateurs pour un coût considérable. Cela explique que, contrairement à l'opinion répandue, le perdant était rarement mis à mort s'il avait survécu au combat (voir ci-contre). Il ne l'était que s'il avait vraiment déçu le public.

Rome n'eut pas d'amphithéâtre permanent avant longtemps. Ainsi, les jeux liés au quadruple triomphe de César, en 46 avant notre ère, eurent lieu dans le grand cirque (*Circus Maximus*) et sur le *Forum Romanum* où l'on construisit, une fois de plus, un amphithéâtre provisoire en bois. Les galeries qui furent aménagées sous le



Paul-Louis Ferrandez



André

2. DEPUIS 2000 ANS, LES AMPHITHÉÂTRES sont en Occident signe de romanité. Ceux d'Arles (à gauche) et de Nîmes (à droite) ont été construits sur le modèle du Colisée à la fin du I^{er} siècle de notre ère, c'est-à-dire qu'ils comportent une arène elliptique, de nombreuses travées

d'accès et un système interne de circulation pour 20 000 à 25 000 spectateurs ; celui de Nîmes est sans doute l'amphithéâtre le mieux conservé au monde, car sa *cavea* [ses gradins], ses couloirs internes et sa façade étaient largement intacts au XIX^e siècle lors de la première restauration.

dallage de la place à cette occasion offrent le premier exemple d'utilisation d'un sous-sol en relation avec l'arène.

Les liens de la gladiature avec l'armée étaient étroits, et cela concerne aussi l'architecture. Il faut dire que les monuments romains ont toujours été réalisés par les *architecti* (ingénieurs) militaires. Les premiers amphithéâtres ont eu ainsi un caractère utilitaire, massif, lourd, une structure pleine, des façades peu ouvertes, des murs en petit appareil aux angles renforcés par des blocs de grand appareil à bossages.

Aucun amphithéâtre en dur n'existera à Rome avant le règne d'Auguste, au cours duquel fut construit un premier exemple dû au riche Statilius Taurus. Cela explique que Vitruve ne dise rien de ce type de monument dans son traité d'architecture dédié à Auguste. Ce théoricien ne considérerait pas l'amphithéâtre comme un édifice noble et méritant d'être mentionné, alors qu'il s'est étendu longuement sur l'architecture du théâtre. Du reste, le caractère assez rustique des premiers amphithéâtres en dur est perceptible dans celui qui a été réalisé sous le règne de Tibère (de 14 à 37) à Saintes (en Saintonge) dans un creux de vallon (voir l'encadré page 61, c).

Ensuite est apparu sous le règne de Néron (54-68) un type d'édifice singulier, car cet empereur amateur de culture grecque voulut promouvoir des jeux comprenant à la fois des combats de gladiateurs et d'animaux et des représentations de type grec (épreuves sportives et musicales) qui imposaient des contraintes acoustiques particulières. D'où la forme semi-circulaire des extrémités d'un édifice daté de ce

règne, l'amphithéâtre de *Leptis Magna* en Libye (voir l'encadré page 61, d). Sa forme est sans doute proche de celle du grand amphithéâtre de bois construit peu avant par Néron à Rome, qui disparut dans le grand incendie de 64.

L'architecture des amphithéâtres est alors devenue plus élégante (à Vérone ou Pula). Elle s'inspire désormais de celle des grands théâtres romains. Les gradins sont supportés par une structure faite de murs rayonnants et de voûtes à l'intérieur de laquelle courent les galeries et les escaliers d'accès. Cette structure permet de construire des édifices de grandes dimensions, même sur un terrain parfaitement plat ; elle sera souvent adoptée par la suite pour la construction des plus grands amphithéâtres.

La « huitième merveille du monde »

Aucun monument n'a surpassé en magnificence le Colisée. Avec sa capacité de 50 000 places et ses 188 mètres de long, l'amphithéâtre de Rome surclassait de si loin les autres édifices similaires que le poète Martial (40-104) le considérait comme la « huitième merveille du monde », c'est-à-dire celle qui était capable d'éclipser toutes les autres.

Vespasien (9-79) voulut installer l'édifice en plein cœur de Rome et sur l'emplacement du grand lac d'agrément de la *Domus Aurea* de Néron, rendant ainsi au peuple romain un espace public d'agrément à l'endroit où l'empereur de sinistre mémoire avait spolié une multitude de gens pour se faire construire son immense palais.

Construit sous les règnes des trois empereurs de cette dynastie, cet extraordinaire édifice porta dans l'Antiquité le nom d'Amphithéâtre Flavien. C'est le colosse (*colossus*) de bronze doré de 30 mètres de haut, déplacé par Hadrien et redressé devant la façade, qui incita par la suite à confondre le nom du monument (*colosseum*) avec celui de la statue, d'où son nom actuel de Colisée.

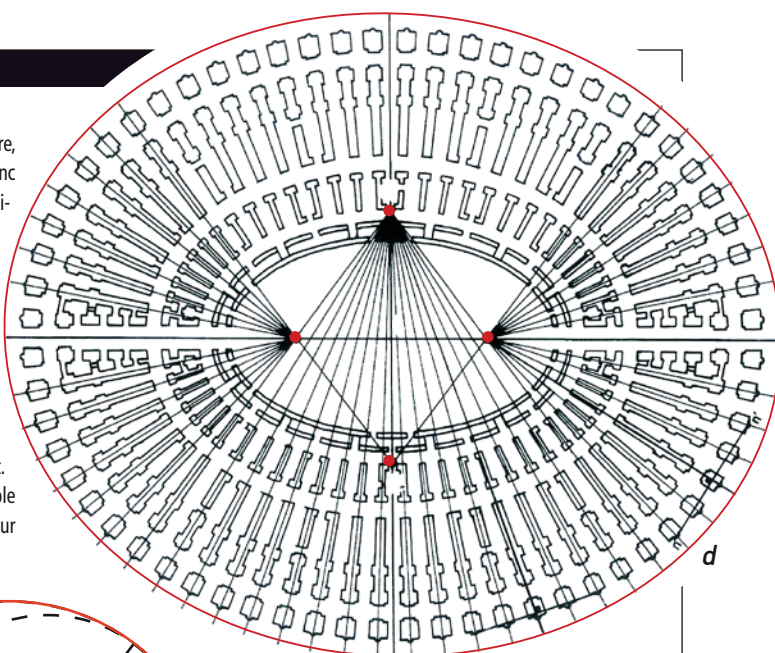
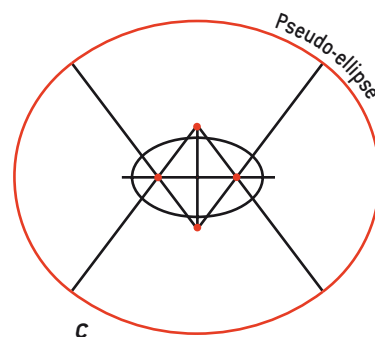
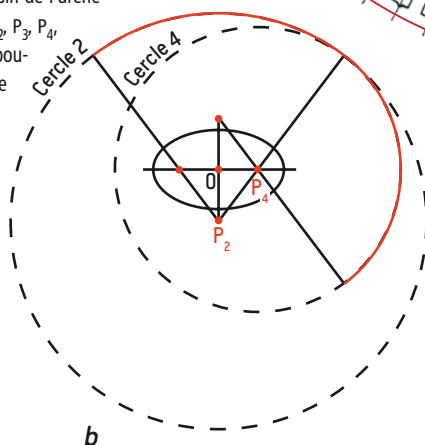
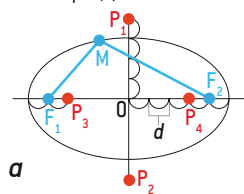
Haute de 50 mètres, la façade du Colisée comprenait trois niveaux de galeries à arcades et un étage d'attique où étaient cramponnés les mâts de bois de l'immense *velum* (toit de toile) que l'on tendait pour protéger les spectateurs du soleil ; un détachement de la flotte de Misène (le plus grand port militaire romain dans la région de Naples) avait été commis à son déploiement.

Ces marins vivaient dans une caserne proche de l'amphithéâtre, au sein du quartier entièrement consacré à son fonctionnement où l'on trouvait aussi la grande caserne des gladiateurs (le *ludus Magnus*) reliée au Colisée par un souterrain et d'autres plus petites (*ludus Dacicus*, *ludus Gallicus*), celle des spécialistes des combats d'animaux (*Ludus Matutinus*), les ateliers des machines (*Summum Choragium*), l'hôpital des gladiateurs (*Saniarium*)... Cela donne une idée des importants aménagements que nécessitait le fonctionnement d'un grand amphithéâtre : bâtiments de service, espaces de dégagement, voies d'accès.

Il est certain que cette réalisation eut une influence considérable et qu'elle inspira la construction d'amphithéâtres sur ce modèle, bien qu'à une moindre échelle, dans les plus grandes villes d'Italie (Capoue,

En Occident, l'ellipse est connue au moins depuis le III^e siècle avant notre ère, quand le géomètre Apollonius de Perge écrivit ses *Coniques*. On peut donc penser que les architectes romains savaient employer la méthode dite du jardinier pour délimiter l'arène elliptique d'un amphithéâtre : elle consiste à planter deux piquets dans le sol, auxquels on attache une corde ; l'ellipse est alors le lieu des points M se trouvant au bout de tous les angles possibles de la corde tendue, ce qui correspond à l'équation géométrique $MF_1 + MF_2 = 2p$, où les points F_1 et F_2 sont les foyers de l'ellipse et p un paramètre (voir la figure a). Toutefois, les bâtisseurs d'amphithéâtre ne plaçaient pas les foyers de cette ellipse au hasard, car il leur fallait aussi déterminer où construire les nombreuses travées d'accès.

L'étude des amphithéâtres a révélé l'astuce qu'ils utilisaient probablement. Au départ, ils plantaient en croix quatre piquets P_1, P_2, P_3, P_4 , avec par exemple $P_1P_2 = 8d$ et $P_3P_4 = 6d$, où $d = p/5$; dans ce cas simple, le choix d'une longueur focale F_1O égale à $4d$ conduit (par la méthode du jardinier) à une ellipse de grand axe $5d = p$ et de petit axe $3d$. Le dessin de l'arène elliptique ainsi obtenu à partir des points P_1, P_2, P_3, P_4 , les architectes n'avaient plus qu'à projeter et rabouter à une distance choisie des arcs de cercle de centres P_1, P_2, P_3, P_4 pour obtenir l'enveloppe extérieure de l'amphithéâtre (voir les figures b et c). Comme la pseudo-ellipse ainsi obtenue est constituée de quatre secteurs de cercle, y placer les travées selon des angles réguliers devient simple (d).



Pouzzoles) et de ses provinces. Deux beaux exemples nous en sont donnés dans les Gaules par les amphithéâtres d'Arles et de Nîmes (voir la figure 2) ou en Afrique par l'amphithéâtre d'El Jem dans la province de Carthage, en Tunisie.

L'architecture très bien conservée de ces monuments nous permet de restituer l'ambiance d'une journée de combat conforme à la règle (le déroulement d'un *munus legitimus*). Elle comprenait la pompe inaugurale, puis, pendant toute la matinée les *venationes* dans un décor approprié et renouvelable (exhibition d'animaux rares, combats d'animaux entre eux, chasses) avec de petits intermèdes (jongleurs, pitres et séquences musicales). L'heure méridienne (mi-journée), où l'attention était relâchée pendant le repas, convenait à l'exécution des condamnés qui étaient livrés aux fauves (*damanatio ad bestias*). L'après-midi était consacrée au spectacle le plus apprécié : les combats de gladiateurs.

Chaque *munus* consistait en un affrontement unique entre deux antagonistes en présence d'un arbitre et ne durait que quelques minutes.

L'arène est elliptique, mais pas l'enveloppe

L'arène de ces grands monuments était dotée d'un sous-sol accessible depuis l'extérieur, où les fauves étaient parqués peu avant le combat. Les cages des animaux et les décors étaient hissés au niveau de l'arène par des monte-charge permettant de multiples effets de mise en scène. Quelques rares amphithéâtres (Mérida, Vérone) indiquent la présence, au milieu de l'arène, de bassins permettant le déroulement de spectacles nautiques (les *naumachies*). Ce type de spectacles, attesté lors de l'inauguration du Colisée par Titus en 80, fut rapidement abandonné par la suite et les sous-sols transformés pour ne

comprendre que les pièces d'accueil des fauves (*carceres*), des espaces de service et les monte-charge.

Ainsi, l'étude des amphithéâtres a révélé l'ingéniosité avec laquelle leur plan était conçu. En particulier, leurs architectes ont su résoudre un problème de géométrie difficile dû à l'impossibilité de tracer des ellipses parallèles à partir des mêmes foyers. Au lieu de cela, ils ont doté l'amphithéâtre d'une enveloppe pseudo-elliptique en raccordant des segments de cercles, dont les centres sont les sommets de quatre triangles (dits de Pythagore) posés sur les axes de l'arène (voir l'encadré ci-dessus). Les axes des murs rayonnants de la structure convergent donc vers ces quatre centres et sommets des triangles. Avec un simple cordeau, un architecte disposant d'une surface plane assez grande pour y poser l'arène pouvait ainsi développer le plan précis d'un immense amphithéâtre. ■

COLLECTION POUR LA SCIENCE LES PETITS THEMATIQUES

**Des feuilletables numériques fiables
et pratiques sur l'actualité scientifique**

Accédez facilement à **l'essentiel**
sur un **thème marquant** de l'actualité
scientifique grâce à :

- **une sélection d'articles de référence**
parus dans *Pour la Science*
et *Cerveau & Psycho*
- **compilée dans un feuilletable
numérique** de 35 pages environ
- **téléchargeable en format
PDF au prix de 3,99€**
(compatible avec
ordinateur et tablette).



Des dizaines de sujets à découvrir sur
www.pourlascience.fr/petitsthematiques