

Le « Duomo » de Florence

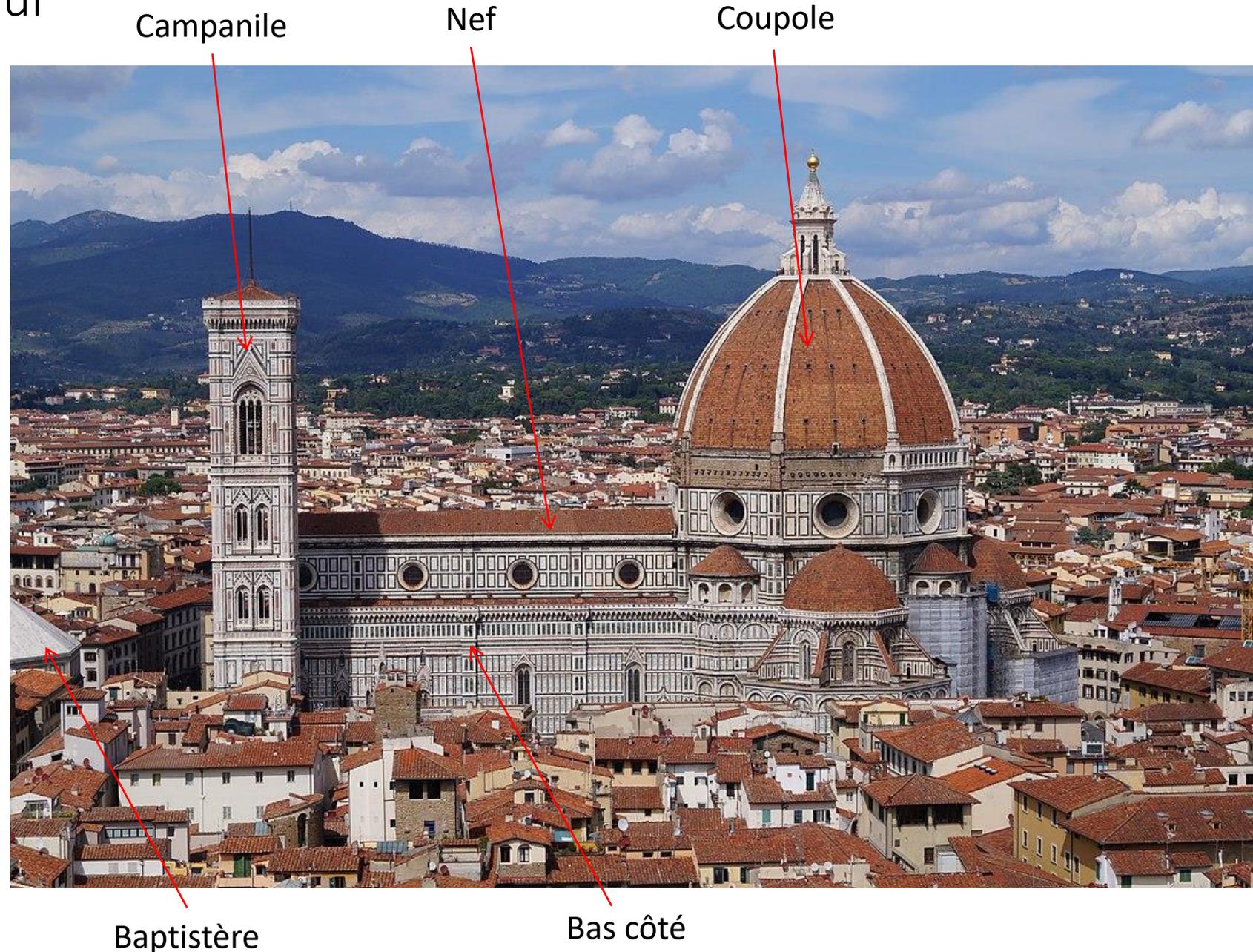
Merveille de l'architecture Renaissance

Le « Duomo », au cœur de Florence

- C'est l'édifice religieux le plus important de la ville. Il mesure 153 m de long, 90 de large (transept) et 90 m de haut.
- Sa caractéristique principale est sa **coupole**, chef d'œuvre de la Renaissance qui n'a jamais été égalé depuis, et qui est l'œuvre d'un architecte de génie, Filippo Brunelleschi.
- Son plan aussi est original, qui fait référence au nom de Florence.
- A l'intérieur, il y a quelques œuvres emblématiques, deux fresques notamment de Paolo Uccello et Andrea del Castagno, peintres de la Renaissance italienne, et deux sculptures de Donatello et Luca della Robbia (sculpteurs de la même période) mais ces dernières ont été déplacées au Museo dell'Opera del Duomo.
- Bref on trouve au « Duomo » un condensé des Beaux Arts de la Renaissance florentine. Et sa coupole est un monument **unique au monde**.

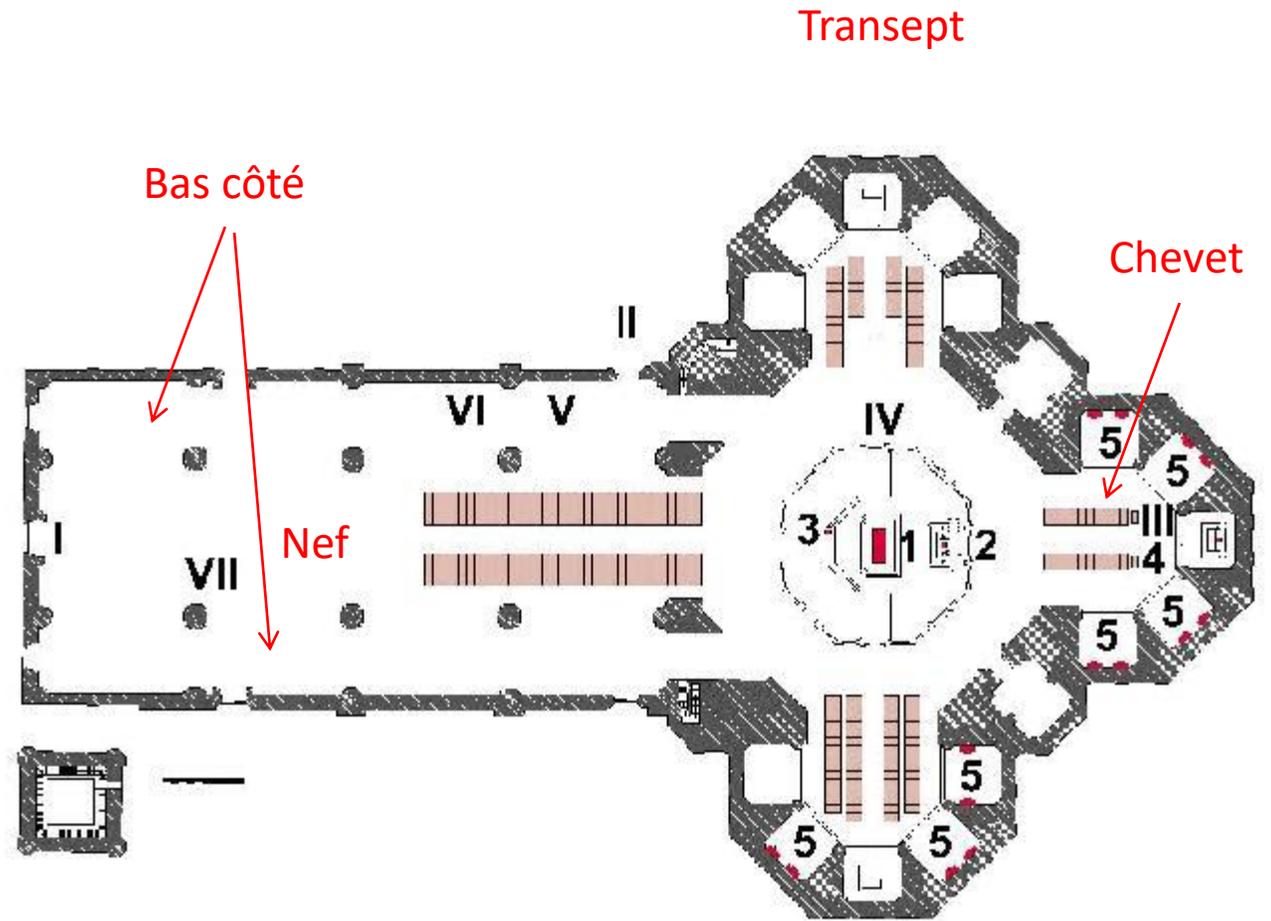
« Il Duomo » aujourd'hui

- On note son énorme coupole. On observe aussi, tout autour du chevet, des petites coupoles secondaires couvrant les absidioles.
- La nef est plus haute que les bas côtés, qui sont aussi plus étroits.
- Le revêtement en marbre bichrome est d'origine (sauf sur la façade que l'on ne voit pas sur la photo). Il est dérivé d'une coutume décorative venant de l'art « mauresque » (les arabes ont été présents au sud de l'Italie au Moyen Âge).
- Le campanile, à gauche, est détaché de la cathédrale (on ne le voit pas sur la photo).
- A l'extrême gauche un bout du toit du baptistère.



Un plan original

- Le plan est en croix latine (ce n'est pas original) mais le transept (partie transversale) et le chevet (tête de la croix) sont entourés d'alvéoles (les n°5, des confessionnaux actuellement), comme des « pétales » : Florence s'appelait « Fiorenza » au Moyen Âge, dérivé de « Fiore » (la fleur). L'église s'appelle Santa Maria del Fiore. On la surnomme le « Duomo ».
- Le Chœur (n°IV) à la croisée de la nef et du transept est de forme **octogonale** (non régulier, les côtés ne sont pas tous égaux).
- 6 piliers (n°VII) soutiennent la voûte de la nef.



Reconstitution de la façade d'Arnolfo di Cambio (détruite en 1587)

- La façade actuelle date du XIX^{ème} siècle. La précédente, qui date de la construction, était inachevée et a été démolie en 1587. On en voit une reconstitution ci contre (il en existe une autre, grandeur nature, au Museo dell'Opera del Duomo).
- Elle est très différente des façades gothiques françaises, bien qu'édifiée à la même époque.
- Ce qui la caractérise surtout, c'est l'abondance des statues dans des niches, qui ont été conservées et qui sont exposées au Musée cité. Ces sculptures datent du XIV^{ème} siècle.



Intérieur

- Il a l'air spacieux et lumineux car éclairé par des fenêtres dans les bas côtés, et dans la nef, au dessus de ces bas côtés.
- Ceux-ci sont donc moins hauts et aussi plus étroits que la nef.
- Les piliers cannelés qui tiennent la voûte sont larges. On peut comparer leur taille à celle des humains se déplaçant dans l'église.
- La voûte est constituées de croisées d'ogive, soulignées par des bordures grises.
- Les arcades légèrement ogivales, sont aussi reprises dans cette pierre grise, typiquement florentine.
- Au dessus des arcades une corniche parcourt tout le long de la nef, accentuant son étendue en longueur, au détriment de la verticalité des murs.



Vers le chevet

- La vue présente le chevet (sous la coupole) en forme octogonale, et derrière, le chœur. On note la taille des piliers qui soutiennent la coupole



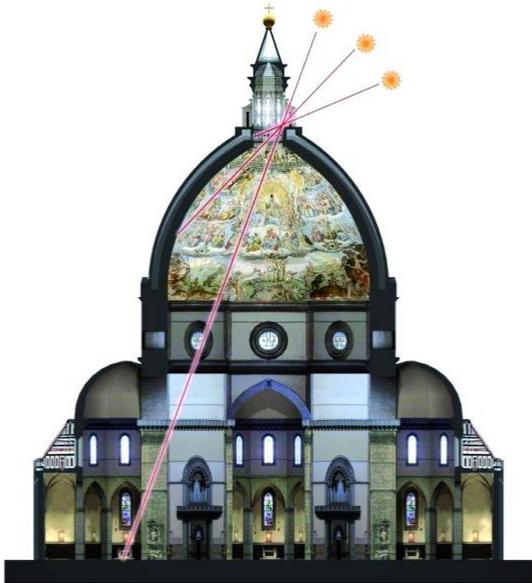
L'intérieur de la voûte

- Cette fresque est énorme (3600 m²) et a été peinte au 16^{ème} par un disciple de Michel Ange, Vasari, aidé de F. Zuccari dans le style maniériste. Elle représente le Jugement Dernier.



Le sol

- Cette vue donne une idée de la richesse du pavement en marbre incrusté. Le motif sous la coupole reprend la forme octogonale, comme s'il s'agissait d'une projection de celle-ci.
- Dans le transept on peut voir une méridienne, qui permet de mesurer l'inclinaison de la terre par rapport à l'écliptique. Le principe, pour être compris, requiert un peu de géométrie de 4^{ième}!

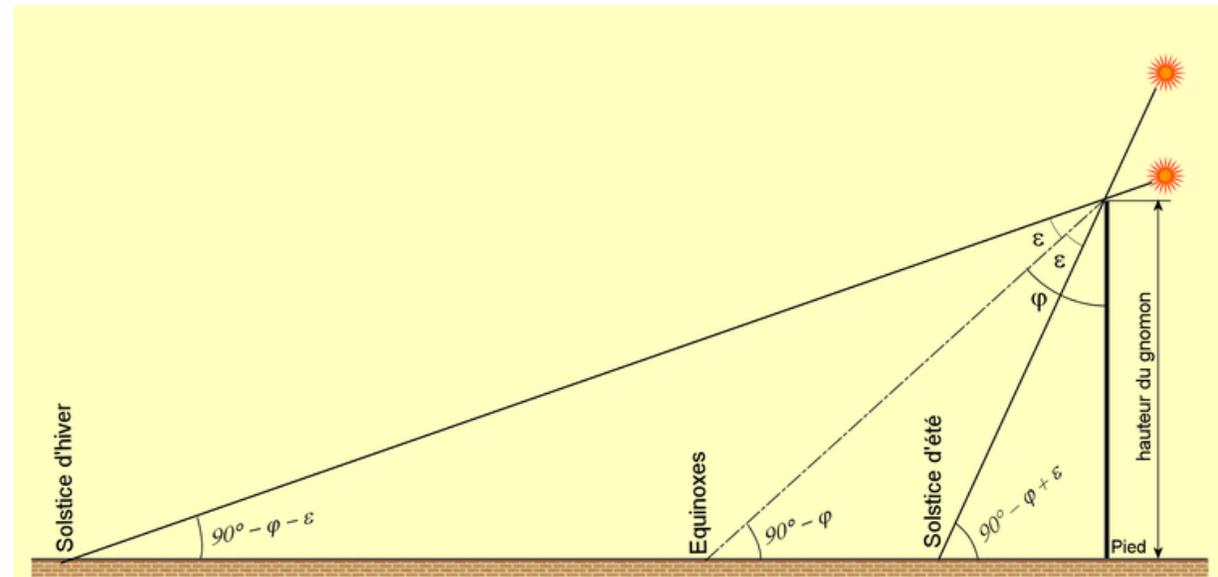


On peut sauter cette diapo si on veut!

Principe du Gnomon



- Sous une fenêtre de la lanterne à 90 m de haut, une pièce de bronze a été installée, percée d'un trou de 5 cm. Frappé par le rayon du soleil celui-ci fait une tache lumineuse au sol. Au solstice d'été, cette tache se superpose à la marque blanche du pavement. Grâce à ce dispositif on peut mesurer l'obliquité de la terre.



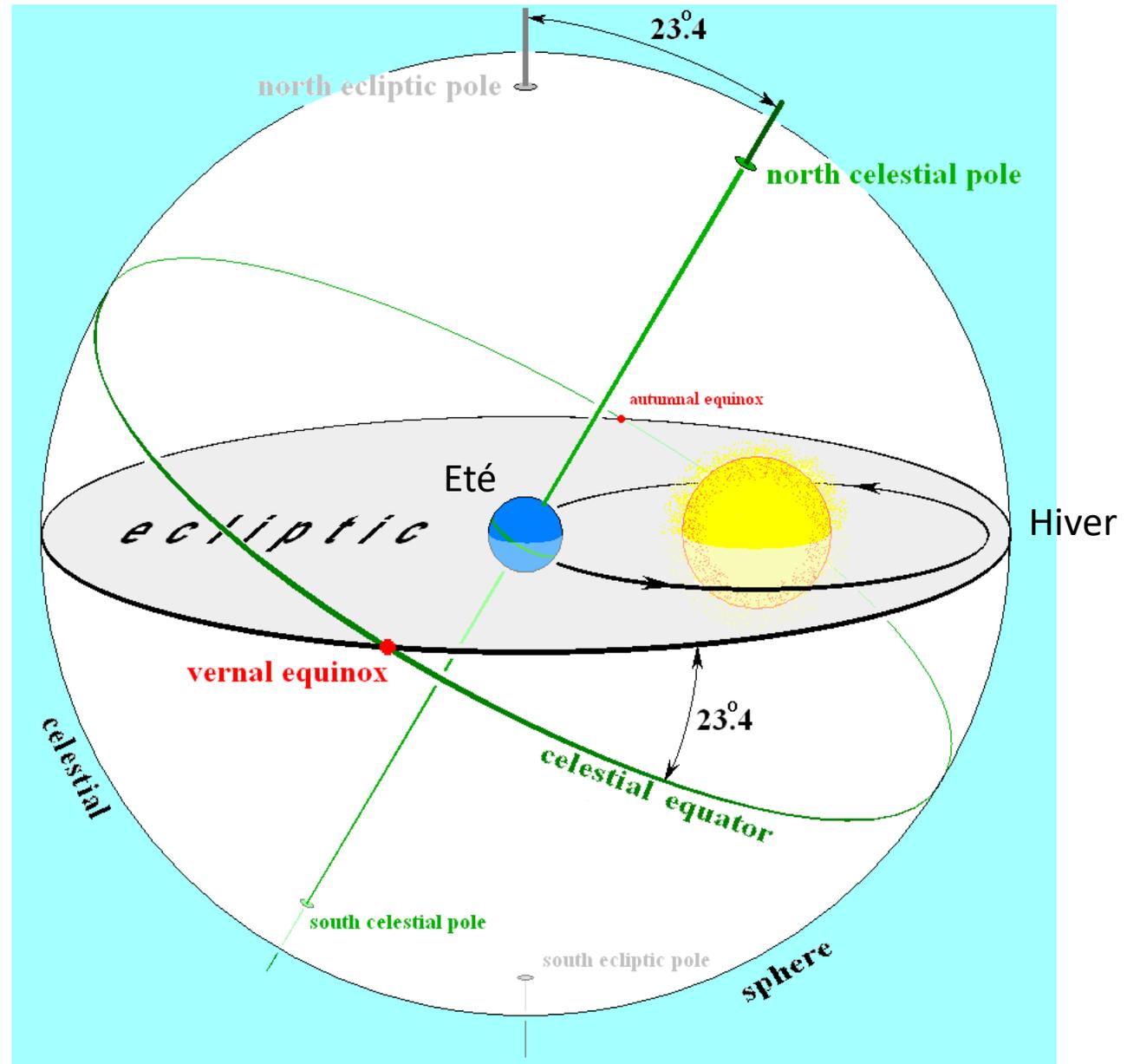
- L'angle φ mesure la latitude du lieu, ε l'angle de l'écliptique, c'est à dire l'angle entre l'axe de rotation de la terre, et la perpendiculaire au plan dans lequel la terre tourne autour du soleil.



On peut sauter cette diapo si on veut!

La « voûte céleste »

- La boule jaune représente le soleil et la bleue la terre. La boule blanche la « voûte céleste ».
- La courbe que décrit la terre en tournant autour du soleil n'est pas un cercle mais une ellipse, dont le soleil est un des foyers. Cette ellipse appartient à un plan (horizontal sur la figure) dit plan de l'écliptique.
- L'inclinaison de la rotation de la terre a une importance pour les saisons. En été l'axe est plus « penché » vers le soleil, les journées sont plus chaudes (sauf près de l'équateur). Les rayons du soleil tombent plus « verticalement » à midi, d'où le rôle du « gnomon ».



Les deux fresques de la cathédrale

- Ce sont des hommages à des « condottieri » ayant défendu Florence. Il ont été peints en fresque, c'est moins cher que le marbre.
- Celui de droite de Paolo Uccello, présente en **perspective**, par en dessous, le monument funéraire en trompe l'œil à Giovanni Acuto. Les reflets de lumière sur le pelage révèlent l'anatomie.
- Celui de gauche d'Andrea Castagno, est plus focalisé sur le rendu anatomique du cheval. Son attitude semble plus naturelle, le cheval tourne la tête vers nous.
- Les tombeaux ressemblent à des antiques sarcophages romains c'est la **renaissance** de l'Antiquité.

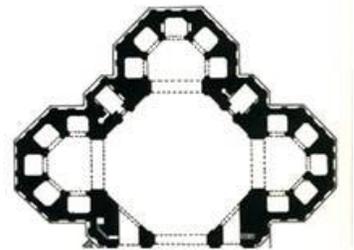
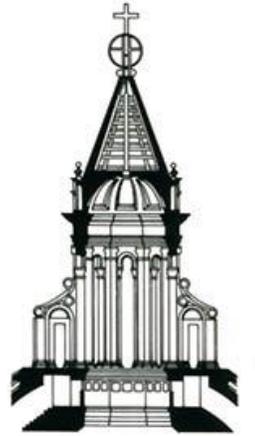
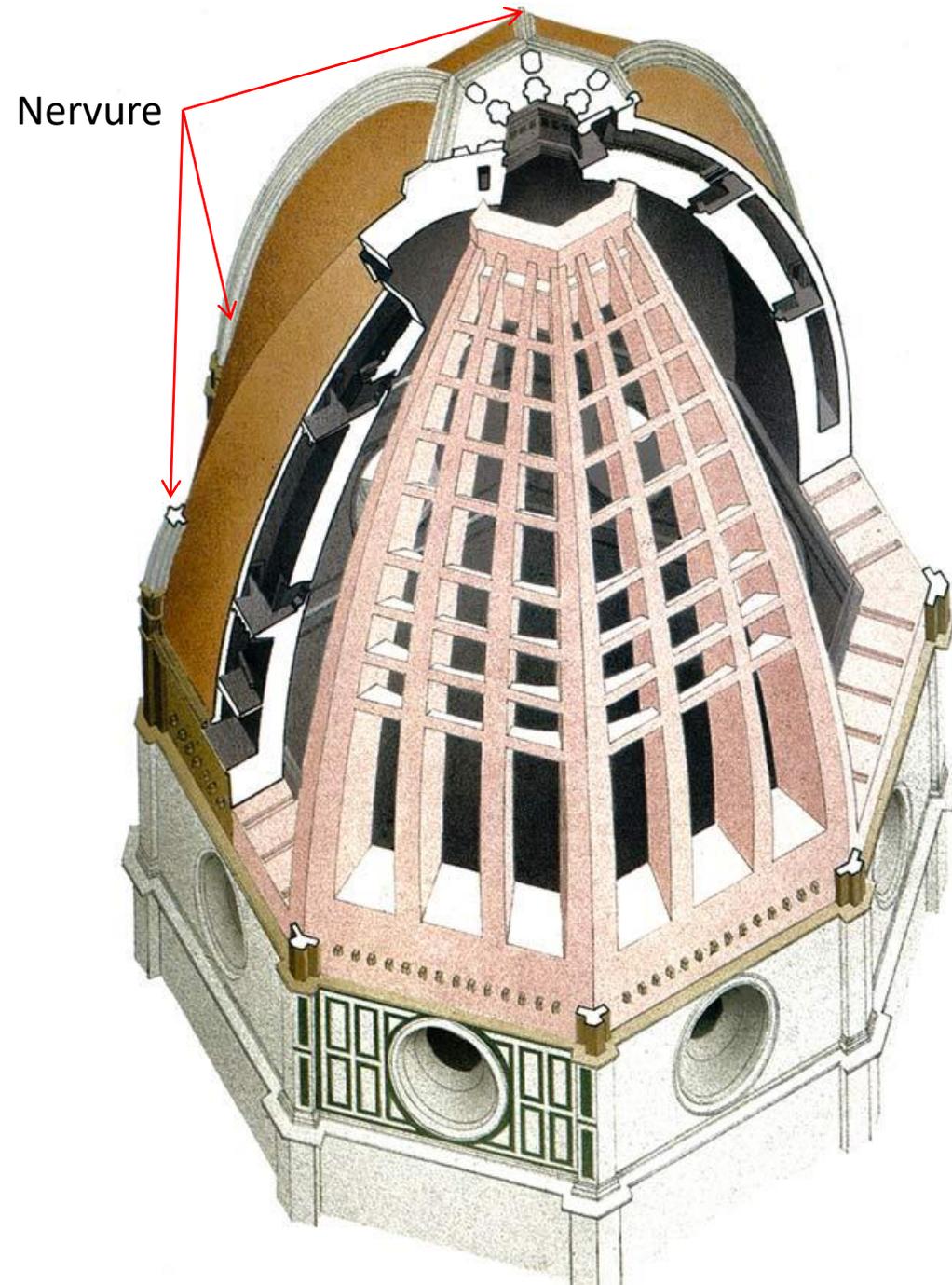


La coupole: Un chef d'œuvre d'architecture

- Il n'existe, où que ce soit dans le monde, aucune coupole en pierre de la taille de celle du Duomo. C'est une prouesse architecturale et de génie civil.
- La construction de la cathédrale s'est étalée sur plusieurs siècles. Elle a démarré officiellement en 1296 (pose de la première pierre) sous l'autorité d'Arnolfo di Cambio. Mais il décéda rapidement et les travaux furent repris au milieu des années 1300 (et agrandis) par plusieurs successeurs.
- Le plan initial d'Arnolfo prévoyait bien une coupole mais il n'avait pas une idée précise de la façon dont elle serait élevée. En augmentant la taille de la cathédrale, ses successeurs ne firent qu'augmenter les difficultés, de sorte que la cathédrale demeura longtemps avec un énorme trou au dessus de sa tête, de 55 mètres de diamètre!
- Pour compliquer l'affaire le tambour (sur lequel doit reposer la coupole, n'était pas circulaire, mais octogonal: comment faire reposer une demi sphère de cette masse sur un octogone?

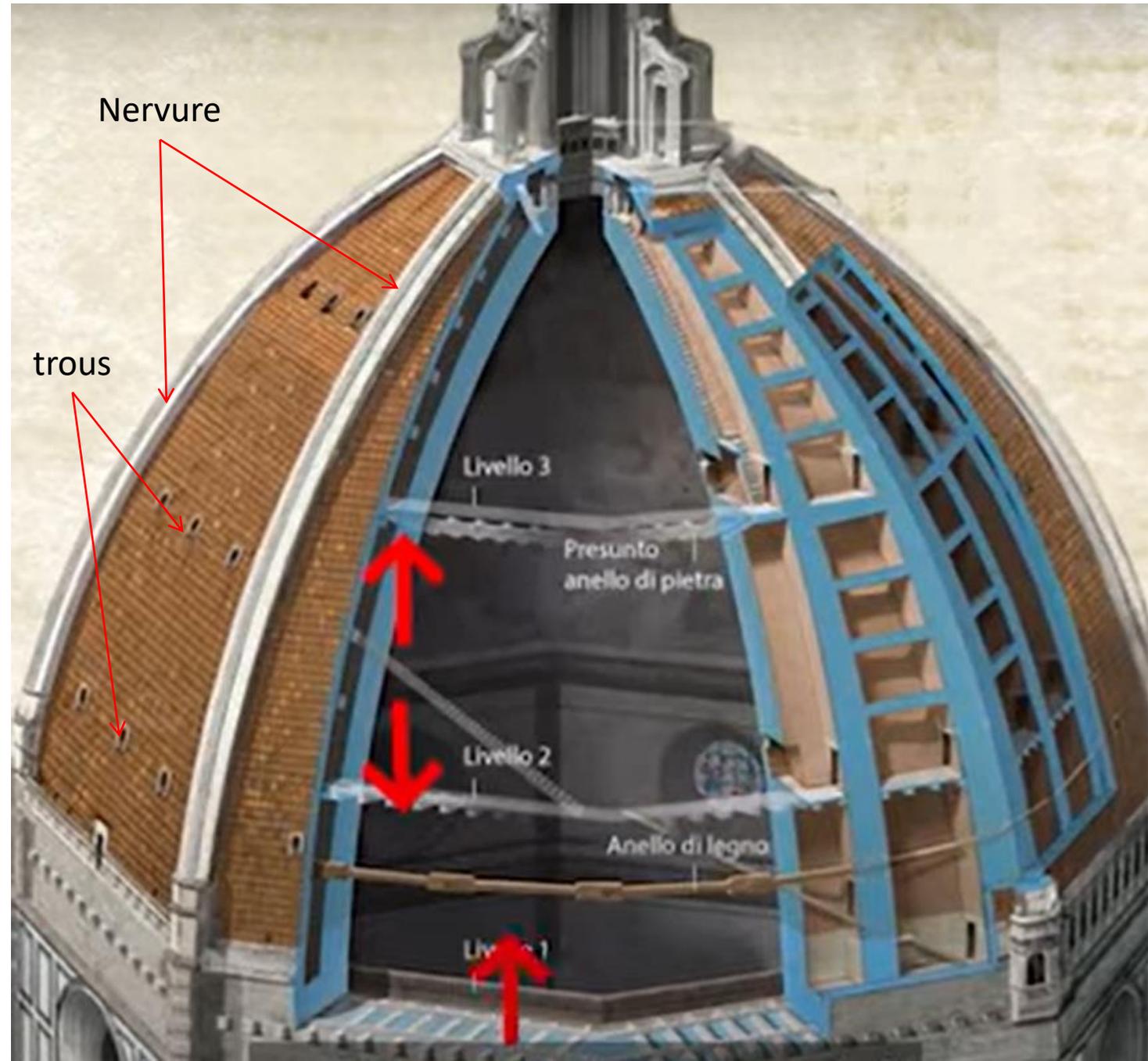
Double enveloppe

- Brunelleschi fit plusieurs trouvaille. La première fut de concevoir une **double enveloppe**.
- Ce principe de la double coque permet évidemment d'alléger le poids de la coupole. En outre, cela favorise la circulation de l'air et évite les moisissures et l'humidité.
- La paroi est aussi constellée de trous, pour alléger la pression du vent.
- Mais il faut rigidifier la paroi extérieure qui est fine (1 m d'épaisseur), de sorte que 8 nervures apparentes (*costoloni*) en pierre blanche, relient les deux coques entre elles.
- Un passage pour un escalier est aménagé entre les deux coques de sorte que l'on peut monter jusqu'à la lanterne.



Une armature de pierre et de bois.

- Normalement une coupole hémisphérique est auto-portante, elle n'exerce pas ou peu de pression vers l'extérieur.
- La coupole de Brunelleschi, elle, n'est pas hémisphérique, de sorte qu'il faut consolider sa structure. Brunelleschi imagina un système « d'anneaux », constitué de tronc d'arbres liés entre eux, ou d'éventuels troncs de pierre (renforcés sans doute par du métal).
- Ces anneaux sont pris dans la maçonnerie. Ils sont comme les cercles en fer d'un baril.



La structure de la maçonnerie

- La superposition du schéma de construction permet de se rendre compte de la façon de maçonner.
- Les couches de briques s'empilent d'une façon particulière pour s'adapter à la courbure de la coupole
- A partir d'un axe médian vertical au centre de la coupole (représenté par le trait rouge en tirets) on trace des rayons vers la paroi : l'épaisseur de celle-ci est remplie de pierres déposées le long de ces rayons. Ils dessinent sur la surface externe des courbes ressemblant à des « chaînettes »
- On note qu'au fur et à mesure que la coupole s'élève, le point à partir duquel on trace les rayons s'élève aussi, le long de l'axe médian.
- Les schémas des diapos suivantes explicitent cela de façon plus claire

Chaque zone rectangulaire correspond à une couche de brique

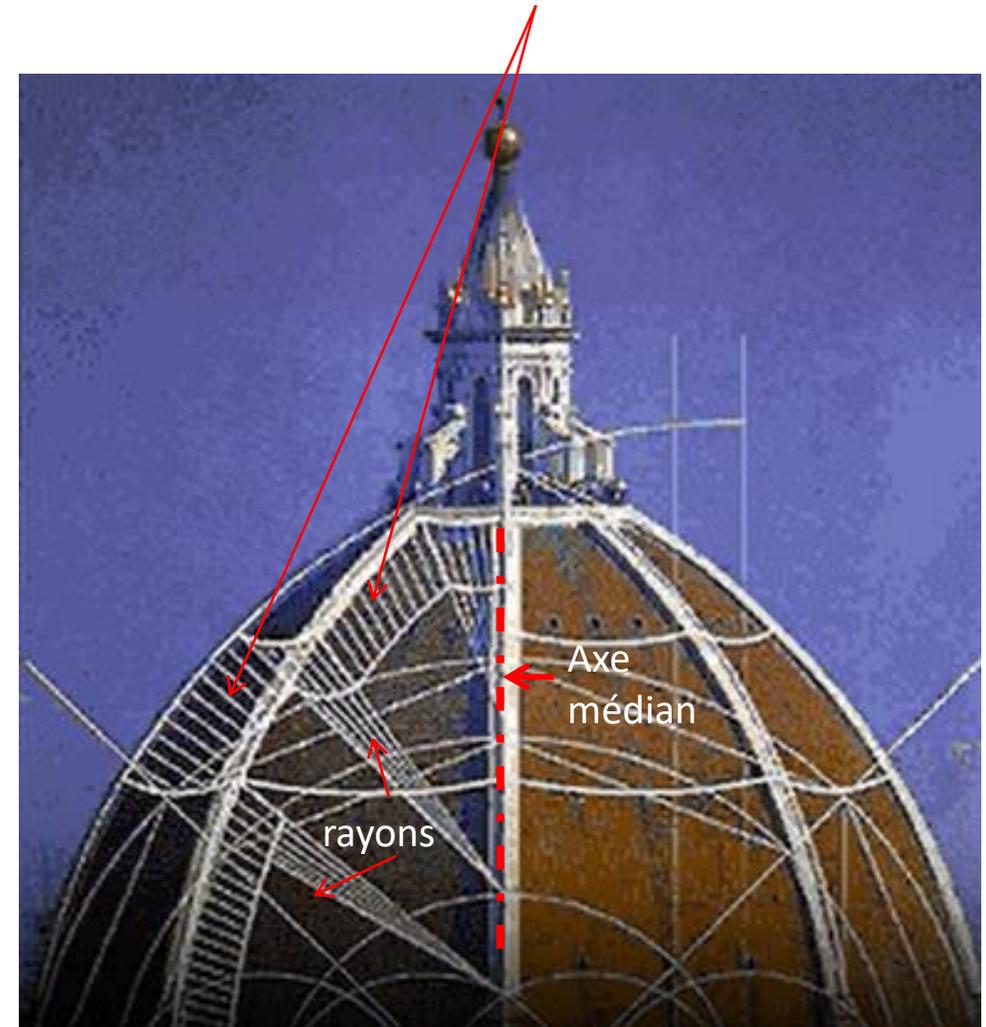


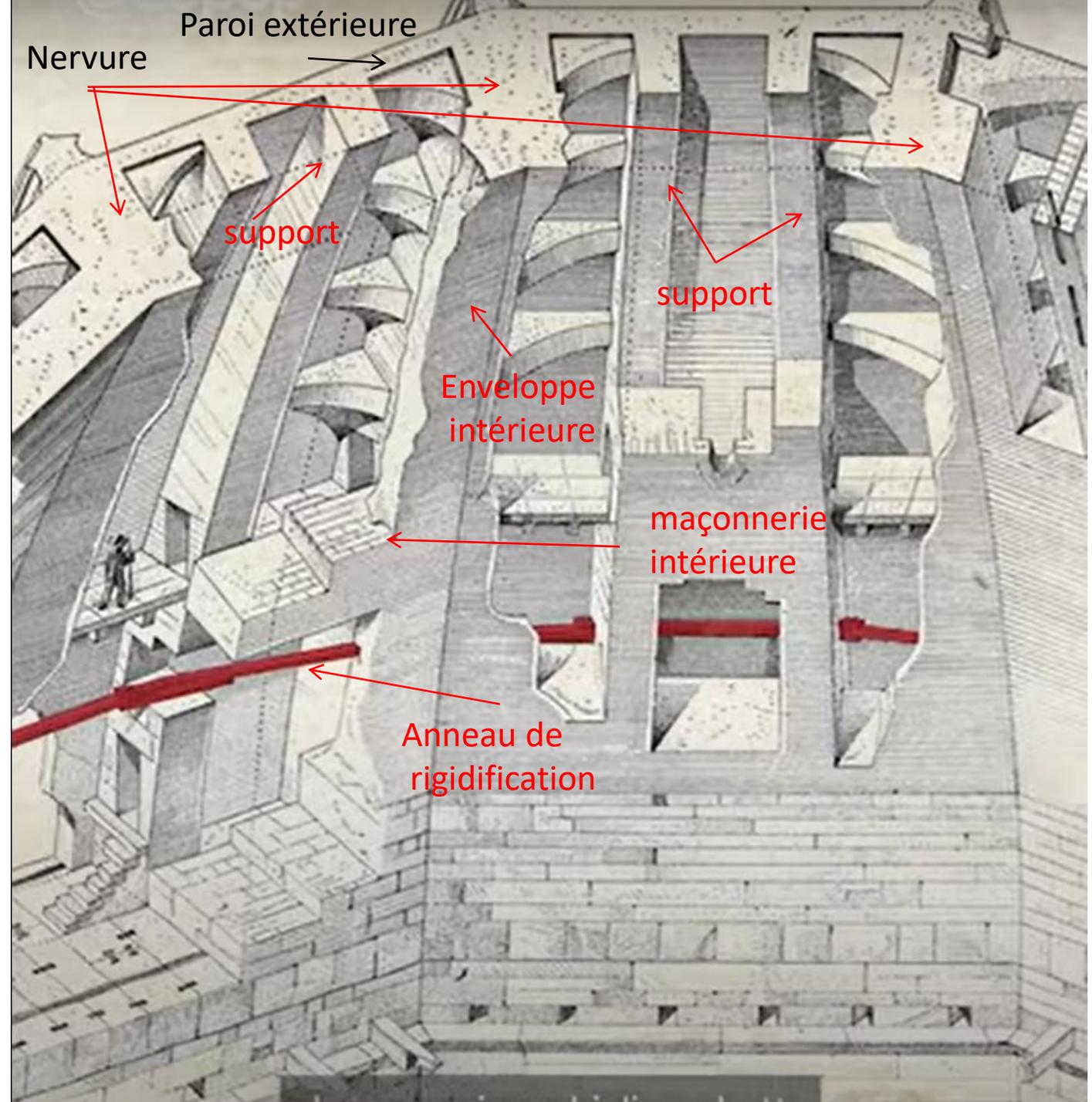
Schéma de construction

- Sur cette maquette réduite de la coupole en construction, la tige verticale représente l'axe médian. La tige oblique tenue par l'homme est un « rayon » tracé à partir de l'axe médian. En pratique il s'agissait d'une corde tendue.
- L'axe médian devait donc être matérialisé, peut être grâce à un échafaudage, mais dans ce cas devait s'élever à près de 90 m de haut, au sommet.
- Quoi qu'il en soit les surfaces ainsi tracées dans l'épaisseur de la paroi grâce à ces rayons étaient limitées (sur la longueur) par un arc suivant une « chaînette », qui a la propriété de minimiser le poids de la brique pour une pression donnée.
- Les chaînettes sont optimales pour les arcs des ponts.



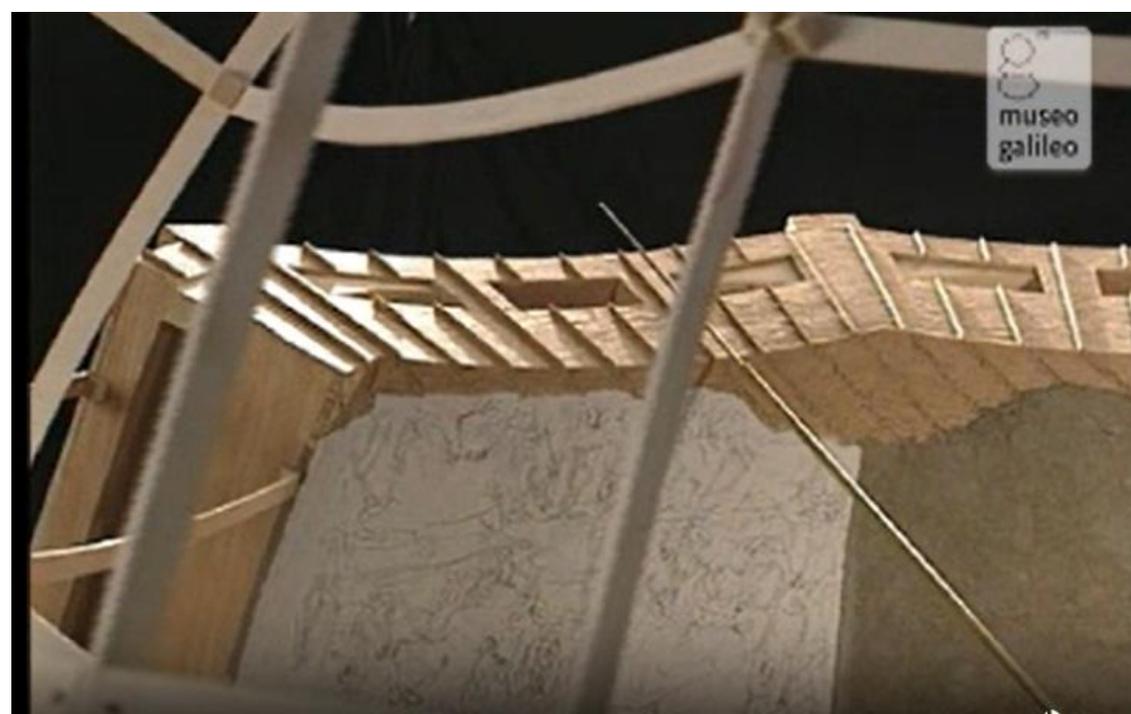
Insertion des anneaux dans la maçonnerie

- On note que les espaces entre les nervures sont divisés en 3 par des supports secondaires
- Entre deux supports, la paroi intérieure est maçonnée en briques, qui ne sont pas sur un plan horizontal, car il faut suivre la pente de la coupole au fur et à mesure que l'on s'élève.
- Les surfaces de la paroi interne entre deux nervures ressemblent au triangle d'une voile gonflée par le vent.



Le principe de maçonnerie

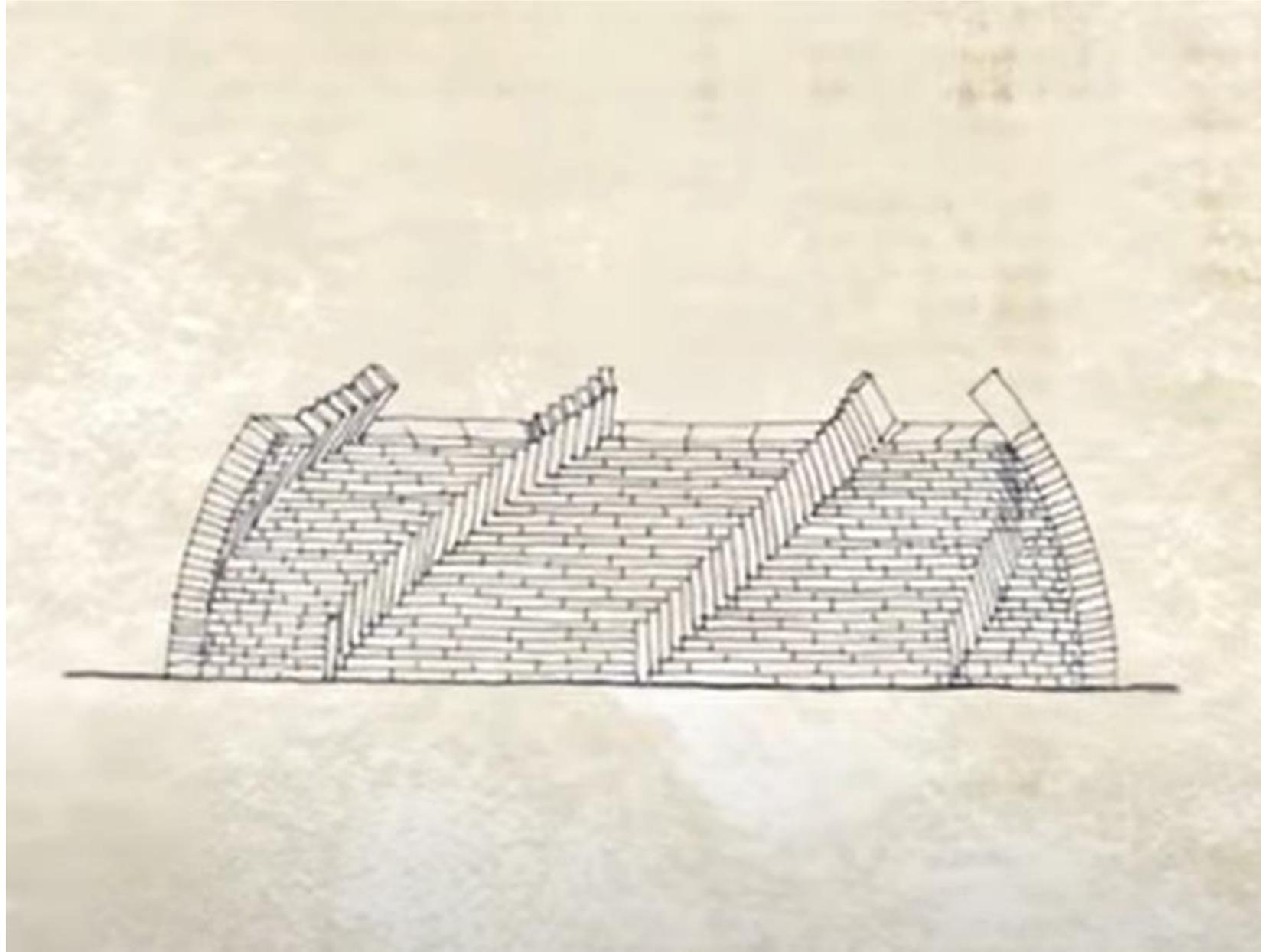
- Sur la vue de droite est matérialisée la fameuse surface où l'on pose les pierres, qui semblent suivre ainsi une sorte de « guirlande » très horizontale.
- Les bandes perpendiculaires sont les briques posées « en arête de poisson



- La vue de gauche montre la structure des nervures et des supports

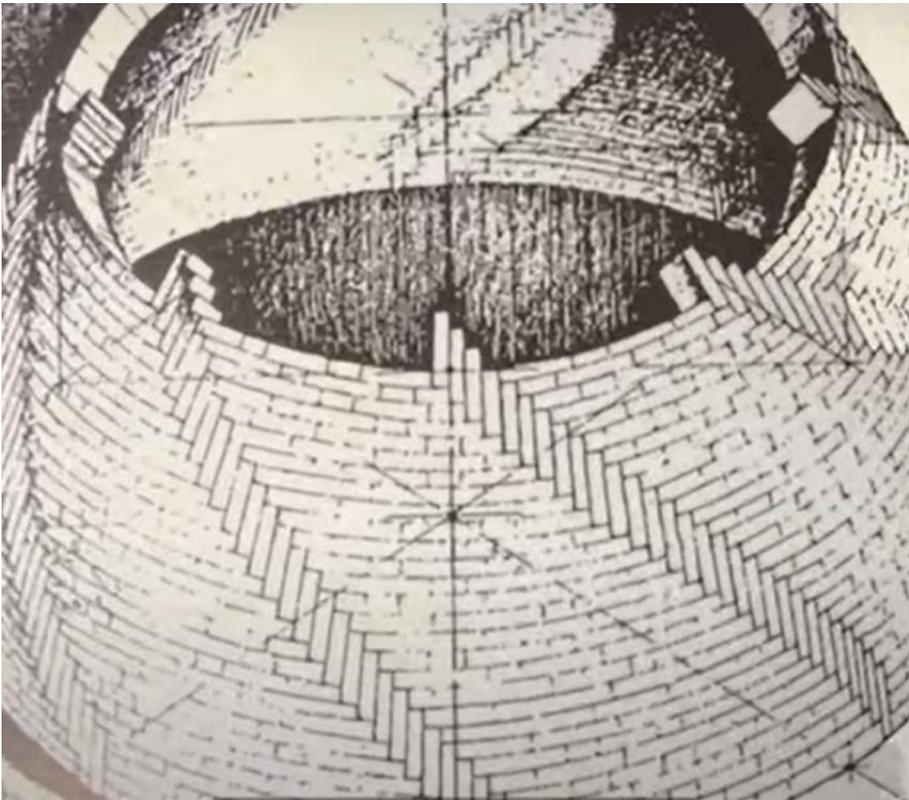
Le principe des arêtes de poisson.

- Encore une trouvaille géniale.
- Brunelleschi ne fait pas poser systématiquement les briques le plus à plat possible, mais tous les 90 cm en met une verticale, qui « cale » les autres, comme un presse livre cale les livres sur le rayonnage d'une bibliothèque.
- Les briques verticales se décalent légèrement au fur et à mesure que l'on monte dans la voûte.



Le résultat des « arêtes de poisson » »

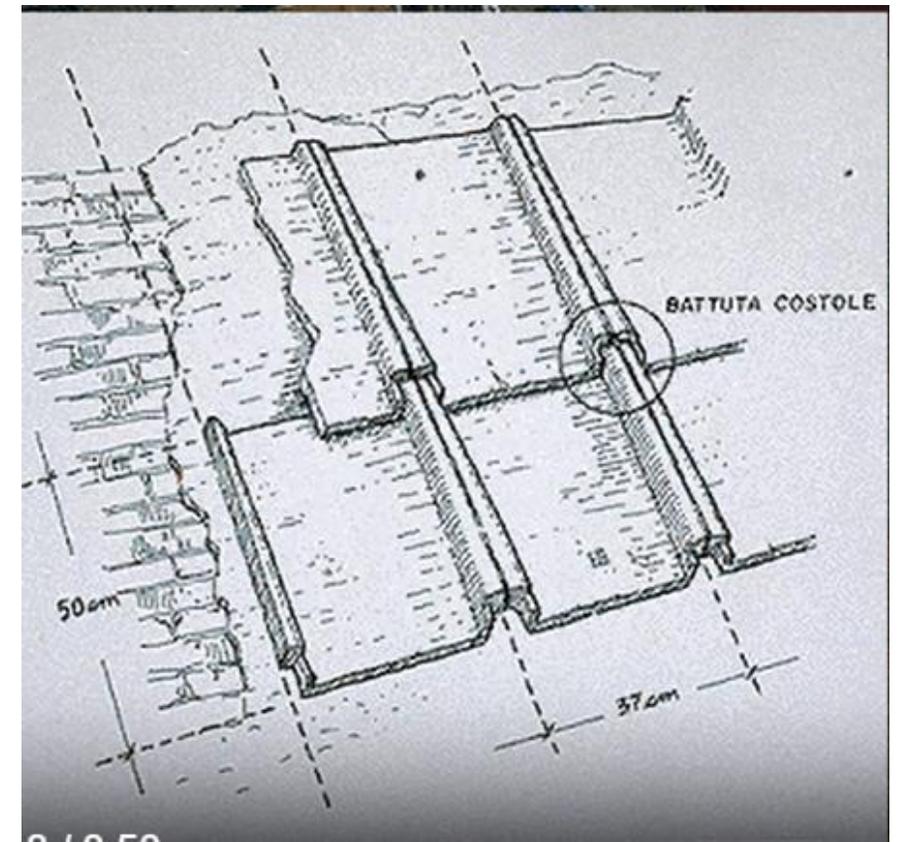
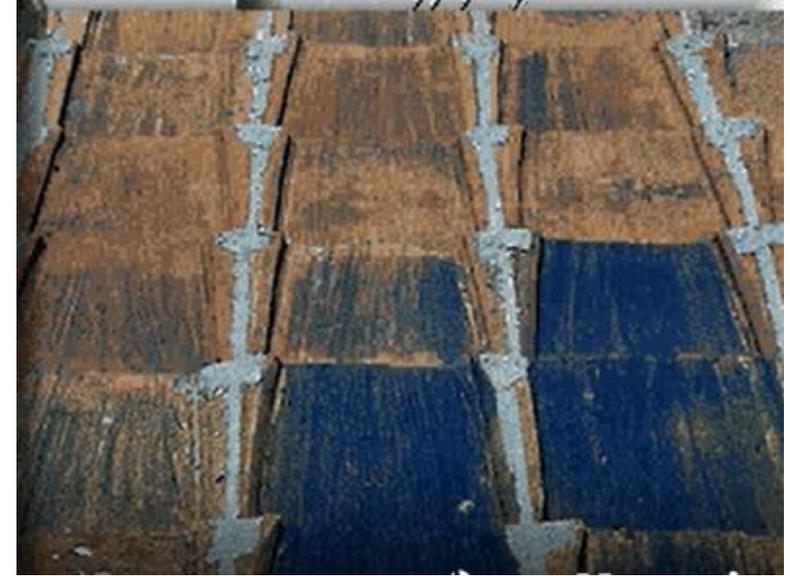
- Elles induisent une grande stabilité qui renforce la structure de la coupole.



- Il n'est pas impossible que Brunelleschi n'ait pas découvert ce principe, mais l'ait emprunté à des constructions romaines.

Paroi externe : La pose des tuiles

- Finalement c'est la partie presque la plus simple.
- C'est un tuilage classique par recouvrement, mais les tuiles sont en U, et maçonnées les unes sur les autres (en montant) mais aussi en « bord à bord » sur une rangée.
- Cette forme permettait sans doute un meilleur écoulement de l'eau
- Les bords sont reliés par un mortier.



Conclusion

- Le « Duomo » de Florence est sans doute une des églises les plus spectaculaires d'Italie, essentiellement en raison de la présence de cette coupole unique au monde.
- La façon de la construire reste encore un mystère non complètement élucidé, puisqu'il est impossible qu'on ait monté un échafaudage partant du sol pour la bâtir. Il y a dû y avoir des échafaudages mobiles mais on ne sait pas comment ils étaient agencés.
- La légèreté, la forme ovoïde de la coupole serviront de modèle à d'autres par la suite, notamment celle de Saint Pierre à Rome, construite par Michel Ange.

Références

- Deux sites Internet sur lesquels on peut voir des vidéos explicatives sur la construction de la coupole, en italien:
 - <https://brunelleschi.imss.fi.it/genscheda.asp?appl=LIR&xsl=filmato&chiave=100986>
 - <https://www.facebook.com/FirenzeToday/videos/la-cupola-del-duomo-di-brunelleschi-in-un-cartone-animato-di-national-geographic/1029295977090594/>
- Sur Wikipedia:
 - https://fr.wikipedia.org/wiki/Cath%C3%A9drale_Santa_Maria_del_Fiore
 - https://it.wikipedia.org/wiki/Cattedrale_di_Santa_Maria_del_Fiore