

Six époques architecturales

Atelier



1/14

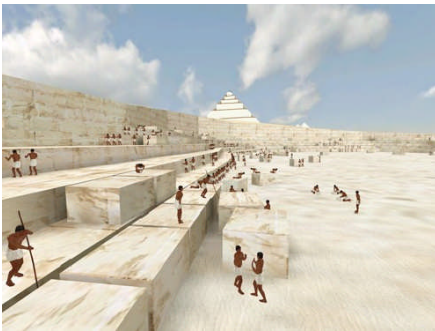
1^{re} époque: les pyramides égyptiennes

Exercice: observe l’animation présentant la construction d’une pyramide et écris un résumé!



Comment les Egyptiens ont-ils réussi il y a 4500 ans à empiler des blocs de pierre de plusieurs tonnes sur une hauteur pouvant atteindre 146 mètres? Le secret de la construction de la grande pyramide de Gizeh est l’une des plus vieilles énigmes de l’humanité.

L’architecte Jean-Pierre Houdin montre une solution plausible sur un fantastique site web interactif: <http://www.3ds.com/passion-for-innovation/khufu-reborn/3d-experience/>

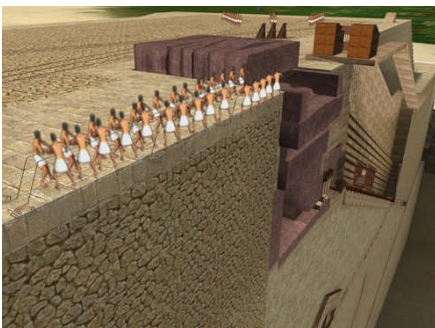


Le site vous convie à un voyage dans le temps en trois dimensions dans l’Egypte ancienne. Il contient un grand nombre d’informations sur les dernières découvertes réalisées autour de l’étonnante thèse de Jean-Pierre Houdin: la pyramide de Khéops aurait été construite de l’intérieur vers l’extérieur – et ce à l’aide d’une rampe en forme de spirale située dans un tunnel à l’intérieur de la pyramide.

Pour étudier cette théorie et l’étayer, Houdin développe dès 2007 sur ordinateur une simulation virtuelle du processus de construction. En 2008, une encoche est découverte dans l’arête Nord-Est de la pyramide – juste à l’emplacement où Houdin pensait que se trouvait une des plateformes de sa rampe intérieure.



Fort de cette découverte, l’architecte peaufine sa théorie au cours des années suivantes. Il communique de nouvelles conclusions: il évoque l’existence de deux antichambres reliées à la chambre du roi, ainsi que des corridors à travers lesquels les défunts étaient transportés pendant la cérémonie funèbre. Seules des recherches complémentaires in situ pourront valider ou non cette théorie et expliquer ce que cela signifie pour la construction des pyramides.



En attendant, tu peux te forger ta propre opinion sur le travail des architectes de l’Egypte ancienne. Tu peux même participer virtuellement à la cérémonie funèbre du Pharaon Khéops.

Six époques architecturales

Atelier



2/14

Quels corps de métier étaient utilisés pour la construction? Cite cinq autres corps de métier possibles et décris-les brièvement!

1. Les forgerons fabriquent des burins en cuivre et les aiguisent, ils fabriquent aussi des marteaux et des couteaux
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____
6. _____

Réponds aux questions suivantes:

1. *Comment les constructeurs de pyramides ont-ils transporté les blocs sur le chantier?*
 - A) à l’aide de rampes
 - B) à l’aide de grues
2. *Quel poids pesaient les blocs les plus lourds qu’il fallait ensuite étançonner?*
 - C) jusqu’à 60 tonnes
 - D) 2-3 tonnes environ
 - E) près de 10 tonnes
3. *Combien d’ouvriers a nécessité la construction de la grande pyramide de Khéops?*
 - Jusqu’à 5000
 - Jusqu’à 12 000
 - Jusqu’à 20 000
4. *Combien d’années a duré la construction de la grande pyramide de Gizeh?*
 - O) 5 ans
 - M) 15 ans
 - A) 35 ans
5. *Quels sont les deux matériaux utilisés pour la construction de la grande pyramide?*
 - T) Granite et calcaire
 - U) Granite et grès
 - V) Grès et calcaire

→ La solution donne le nom d’une pierre précieuse (variation de Quartz, SiO_2)



Six époques architecturales

Atelier



3/14

2^e époque: les constructions sur pilotis

Exercice: lis le texte et dessine le plan d’une maison sur pilotis!

Les constructions sur pilotis permettaient de se prémunir des carnivores et des ennemis ainsi que des émanations nocives du sol. Elles étaient érigées aussi bien sur les berges des lacs (sur des eaux libres) que sur des terrains marécageux.

Dans les eaux peu profondes, on plantait des pieux fabriqués à partir de troncs entiers ou fendus. La plupart du temps, les pieux avaient une quinzaine de centimètres de diamètre; leur hauteur dépendait du niveau de l’eau et était comprise en trois et cinq mètres. Généralement, des pierres étaient immergées au pied des pieux afin de protéger ces derniers contre les vagues et d’améliorer ainsi la stabilité de la construction. Les maisons elles-mêmes étaient également en bois, les murs recouverts d’un torchis de glaise à l’extérieur et le toit à base de paille, d’écorce et de branchage.



Constructions sur pilotis à Unteruhldigen

Ce type de construction se rencontre depuis le néolithique il y a près de 13500 ans jusqu’à l’âge de bronze puis l’âge de fer, il y a près de 2500 ans.

Même si le nomadisme (déménager avec ses bêtes) continuait de perdurer, les paysans se sont peu à peu sédentarisés. Les hommes ont alors commencé à domestiquer des animaux et à cultiver des plantes. Leurs outils étaient fabriqués à partir de pierres taillées et aiguisées (haches en pierre, herminette). Les pots en céramique sont apparus à la même époque.

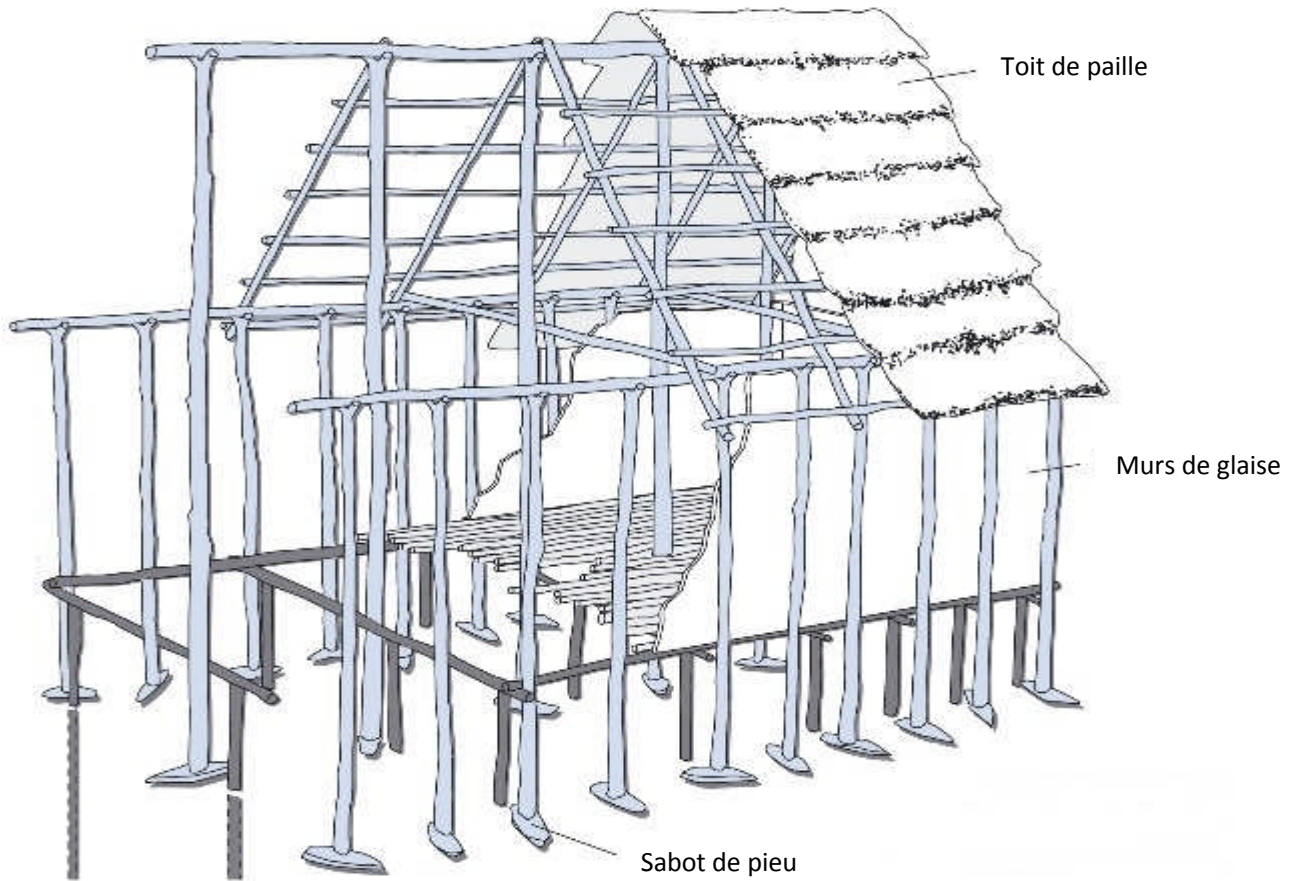
Six époques architecturales

Atelier



4/14

Plan d'une maison sur pilotis



Quels défis techniques doivent être relevés et que proposes-tu?

Problème:

Ta solution:

Décris le déroulement de la construction

1 _____

2 _____

3 _____

4 _____

5 _____

6 _____

Six époques architecturales

Atelier



5/14

3^e époque: le béton des Romains; le ciment romain

Exercice: lis le texte et fabrique un baquet en ciment romain pour maçonner une petite enceinte!

Le béton était déjà un matériau de construction important pour les Romains.

Le béton a déjà été utilisé comme matériau de construction vers 7000 av. J.-C. dans la région de l’actuelle Palestine. Or, les Romains ont été les premiers à élaborer un béton d’excellente qualité.

Si Rome est appelée la «cité éternelle», elle le doit aussi au béton. Les entrepreneurs de l’époque s’approvisionnaient à Puteoli, l’actuelle ville de Pouzzoles dans la région de Naples. Il semblerait qu’ils aient constaté vers 300 av. J.-C. déjà que la pouzzolane déposée dans cette région, du sable volcanique, mélangée avec de la chaux donnait un mortier qui, mélangé à son tour avec du sable, du gravier ou des déchets de taille donnait un béton étanche et dur comme de la pierre.

Ce béton est devenu la clé de l’architecture romaine. Avec ce matériau appelé «Opus Caementitium», sorte de béton damé, les Romains comblaient leur maçonnerie à double paroi, construisaient des ouvrages sous l’eau, érigèrent sur un sous-sol marécageux les impressionnantes fondations du Colisée et bâtirent la coupole du Panthéon avec ses quelque 43 mètres de diamètre. Avec leur «Opus Caementitium», ils ont aussi posé la première pierre de notre terme actuel, le ciment.



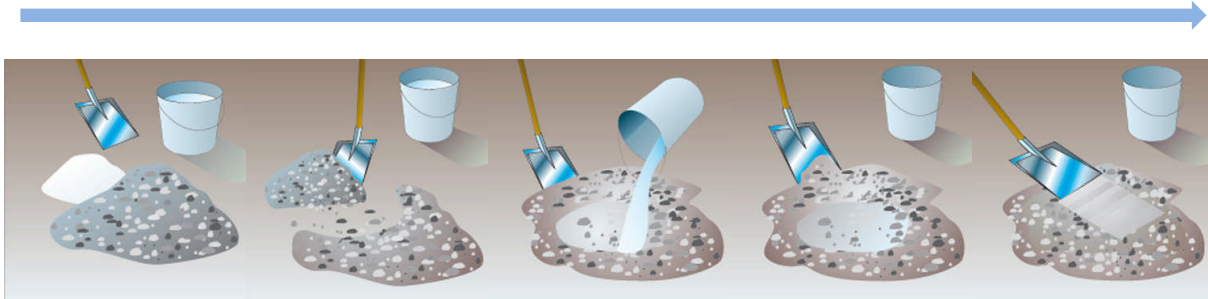
Six époques architecturales

Atelier



6/14

Fabrication du ciment romain et construction d'un petit mur d'enceinte



Pour cette petite construction, tu pourrais acheter du béton prêt-à-l'emploi en sac. Mais, c'est toi qui fabriqueras le mélange. Pour le «mur», tu as besoin d'une caisse en bois (comme coffrage) que tu pourras remplir de béton.

Le mélange classique pour un béton un peu grossier comprend 1 – 1,5 dose de chaux vive (disponible dans les magasins de bricolage) et 3 doses d'adjuvants (sable + gravier, granulométrie 0 – 8, mélange réalisé à la carrière ou dans le magasin de bricolage), une dose d'ardoise finement broyée (ardoises écrasées au marteau).

La quantité d'eau à ajouter est déterminante. Pour obtenir la bonne consistance à partir de 20 kg de poids à sec, tu n'as besoin que de 2 à 2,5 litres d'eau. Mais cela peut légèrement varier, bien évidemment.

Si le béton est utilisé, comme pour un mur d'enceinte, sur ou dans le sol, il est mélangé jusqu'à être humide ou à présenter une consistance plastique! Une masse trop liquide ou trop gélatineuse, comme on imagine généralement le béton, n'est pas du tout appropriée et ne peut pas être travaillée. Elle colle aux outils, ne se laisse pas façonner ni se densifier.

En revanche, le mélange humide est très facile à utiliser et de bien meilleure qualité. Le béton est en fait «hygroscopique¹» et absorbe l'humidité du sol. La prise du béton se déroule donc sur la durée et en continu.

Le mélange commence dès que tu as choisi le bon contenant. Selon la place dont tu disposes, ce peut être une brouette ou un seau en plastique. Tu remplis le contenant soigneusement avec le béton sec bien mélangé.

Puis, tu ajoutes l'eau, demi-litre par demi-litre, en mélangeant bien à chaque fois avec une pelle ou une truelle. Ceci peut être assez fatiguant et prendre plus de cinq minutes. A la fin, si le mélange est légèrement plastique, mais pas visqueux, c'est parfait! Le verser dans le coffrage en bois, bien le piquer et le damer.

¹ Signification d'après Le Robert: Qui absorbe l'humidité de l'air

Six époques architecturales

Atelier



7/14

4^e époque: le Moyen-Âge des bâtisseurs

Exercice: lis le texte, surligne les informations importantes et prépare un petit exposé!

Le Moyen-Âge a été l'époque de la construction des grandes cathédrales et des églises. La construction d'édifices religieux a été à tous points de vue le principal défi architectural du Moyen-âge. Des générations se sont succédées pour ériger ces ouvrages impressionnants: abbayes, cathédrales, dômes, etc. La construction des édifices religieux a supplanté celle des hôtels de ville et des châteaux, voire des demeures privées.

La construction des édifices religieux n'était pas une mission facile. Non seulement en ce qui concerne le financement et l'organisation du chantier, mais aussi du point de vue technique. Les tours les plus hautes, les voûtes et les charpentes les plus monumentales étaient réservées aux églises et aux cathédrales.

Ni l'argent, ni le travail nécessaire, rien n'était trop beau pour bâtir des ouvrages les plus imposants possibles. Les édifices religieux permettaient aux cloîtres, aux villes ou aux évêchés d'affirmer leur puissance politique et économique.

En dépit de cette impressionnante activité de construction de bâtiments religieux au Moyen-âge, très peu de traces écrites ont été retrouvées à ce sujet. Les scientifiques du Moyen-Âge n'avaient pas le temps de se pencher sur les questions techniques. Représentation de l'ordre divin, l'architecture des édifices religieux était appréciée scientifiquement dans le sens de son interprétation théologique. Les ouvriers qui exécutaient les travaux n'avaient pas suivi de scolarité particulière. Les contremaîtres des grands édifices moyenâgeux étaient des artisans bien payés qui jouissaient d'une grande reconnaissance. Or, ne serait-ce qu'en raison de la durée de l'apprentissage, ils n'avaient pas l'occasion de suivre une formation académique dans le sens propre du terme.

Exemples d'ouvrages



Six époques architecturales

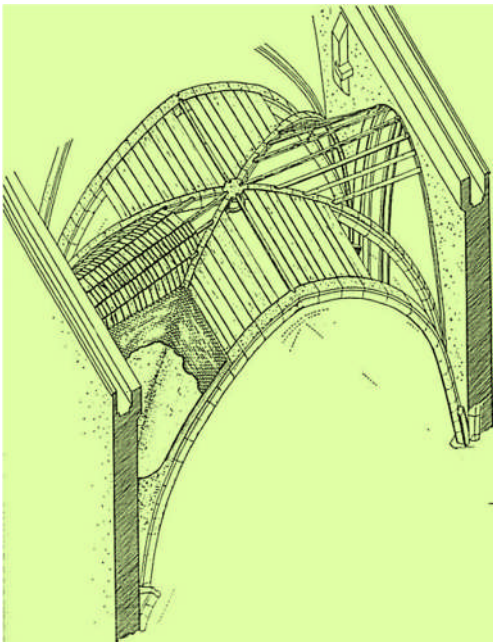
Atelier



8/14

Les apprentis commençaient leur formation dès l'âge de 14 ans auprès d'un maître; l'apprentissage durait 4 à 5 ans pour les tailleurs de pierre. Ensuite, ce nouveau compagnon devait prendre la route pendant encore une année. Et pour devenir maître, il devait ensuite suivre deux années de formation auprès d'un artisan.

En dépit de cette formation purement artisanale des contremaîtres du Moyen-Âge, les techniques de construction n'ont cessé de se développer au Moyen-Âge par le biais des échanges d'expérience. Les guildes (regroupements des artisans d'un corps de métier) veillaient au respect de normes techniques de qualité. Les connaissances techniques étaient transmises du maître aux apprentis au sein de la guilde lors des travaux de construction pratiques. En revanche, ce savoir-faire architectural n'a quasiment pas été consigné par écrit.



La fin du Moyen-Âge se caractérise par son style gothique. Apparu au 12^e siècle en France, ce style conquiert peu à peu toute l'Europe, de la Sicile à la Suède, de l'Angleterre à la mer Baltique. Les ouvrages gothiques se caractérisent par des arcs brisés, des ogives et des arcs-boutants extérieurs.

Visuellement, les constructions gothiques présentent des éléments en pierre de taille et une alternance de vides et de pleins. Ces espaces peuvent être utilisés, par exemple, pour des vitraux. En raison de la forte proportion de pierre de taille, l'art gothique est aussi désigné comme l'art des tailleurs de pierre. Même dans les bâtiments gothiques en briques, les différents éléments du système sont souvent réalisés en pierre de taille travaillée. Le travail de maçonnerie était nettement moins déterminant dans l'architecture gothique.

Charpente d'un arc voûté

Les importants vitraux des cathédrales gothiques sont divisés et stabilisés par des remplages (fin réseau de pierre garnissant l'intérieur d'une fenêtre ou d'une rosace en pierre). Les seules formes géométriques de ces remplages laissent penser qu'un tailleur de pierre gothique devait quand même avoir quelques connaissances en géométrie. Vers la fin du 15^e siècle apparaissent enfin des ouvrages théoriques sur la géométrie architecturale, dont le plus ancien livre de géométrie en langue allemande, «Geometria», rédigé par le tailleur de pierre et contremaître Matthäus Roriczer. Cet ouvrage reprend quelques préceptes fondamentaux en matière d'architecture et de géométrie. L'accent n'est pas mis du tout sur les mathématiques; aucune définition, aucune justification ni aucune preuve ne sont apportées. Le livre présente simplement les procédés à utiliser. De toute façon, le tailleur de pierre n'avait pas besoin d'en savoir plus pour accomplir son travail.

A partir de la seconde moitié du 13^e siècle, les contremaîtres interviennent souvent sur plusieurs chantiers à la fois, parfois même éloignés les uns des autres. Ils peuvent le faire uniquement parce que les ouvrages font l'objet de croquis à grande échelle, lesdites «épure», lesquelles n'indiquent en fait pas vraiment de coefficients, ni de cotes ni de mesures utilisables.

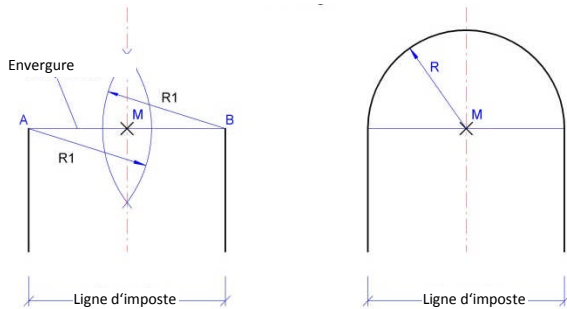
Six époques architecturales

Atelier



9/14

Voûte en plein cintre



Élément important de l’architecture au Moyen-Âge, la voûte en plein cintre est un arc géométrique très simple. Le centre de l’arc se situe sur la ligne d’imposte, juste entre les pieds-droits. Le radius est égal à la hauteur de l’arc, soit la moitié de son envergure.

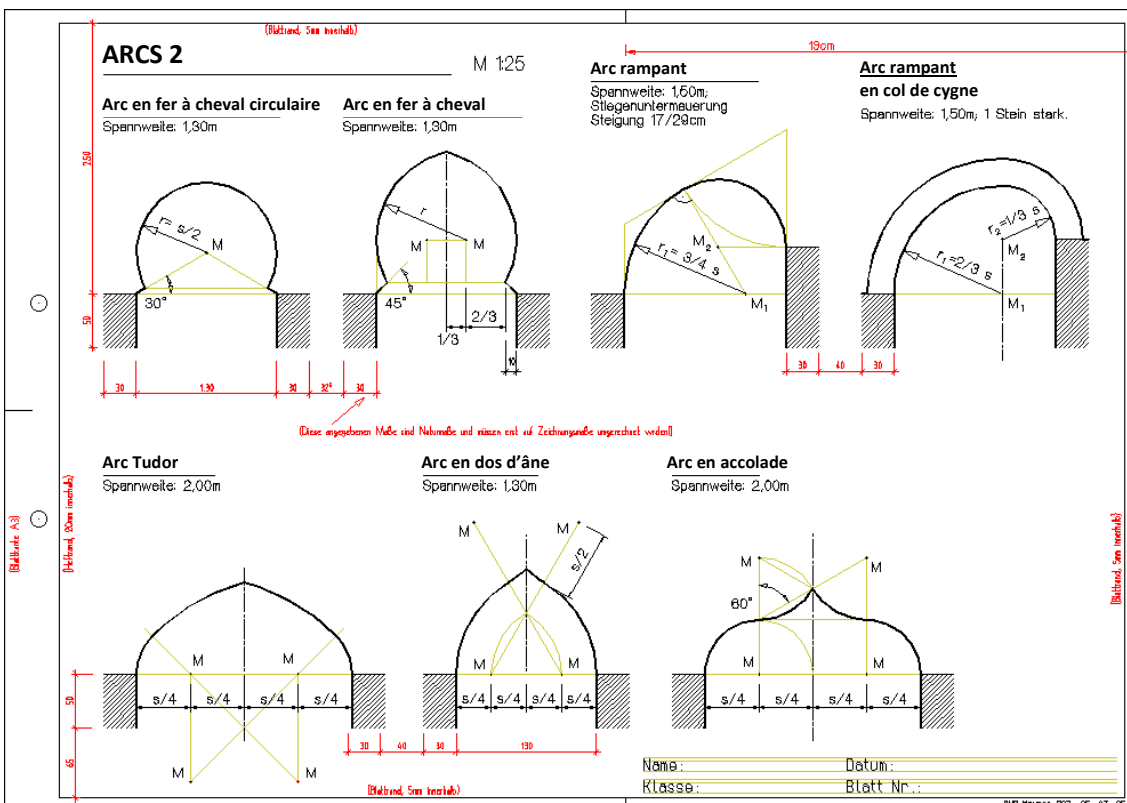
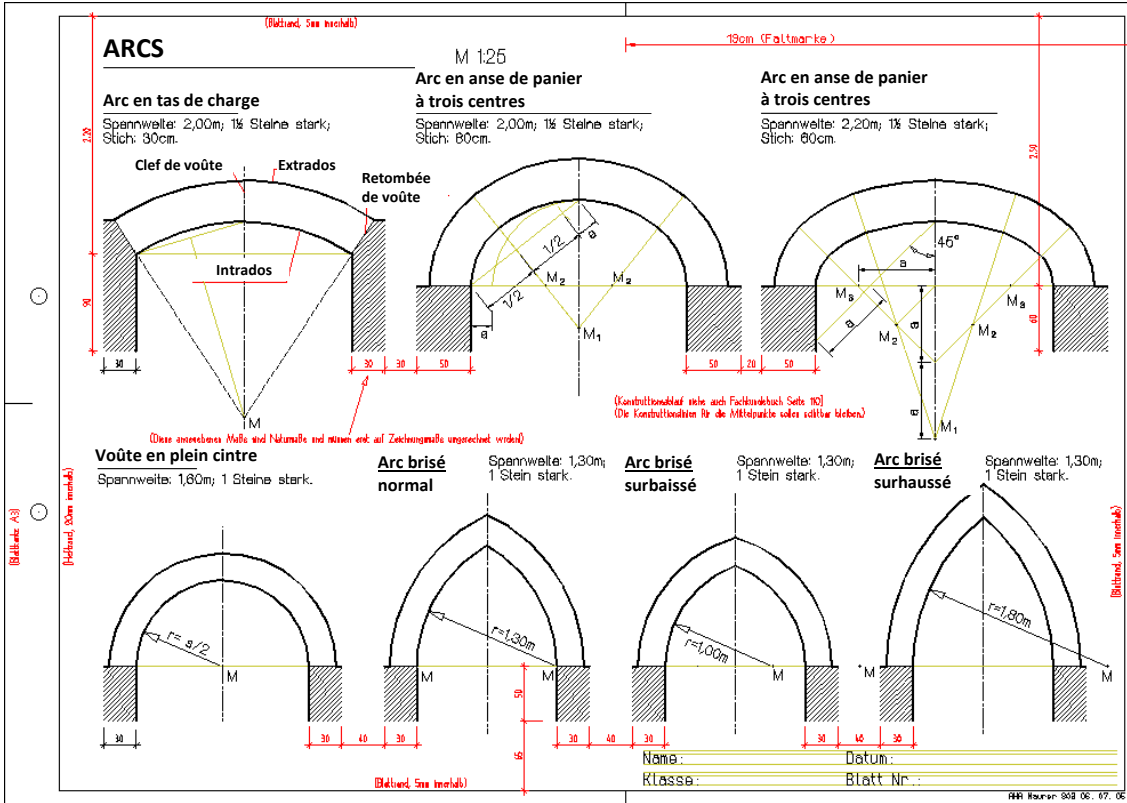
Du fait de ses petits radius et de ses grandes courbures, il y avait généralement des problèmes aux différentes jonctions sur les extrados (surfaces extérieures de la voûte). C’est la raison pour laquelle on utilisait souvent des claveaux. De nos jours, les claveaux ne sont pratiquement plus utilisés ni fabriqués. Autre alternative: débiter une voûte en plein cintre fortement courbée à l’aide de fers à goulot en différents arcs se superposant.

Six époques architecturales

Atelier



Différentes formes d’arc (termes techniques)



Traduction :

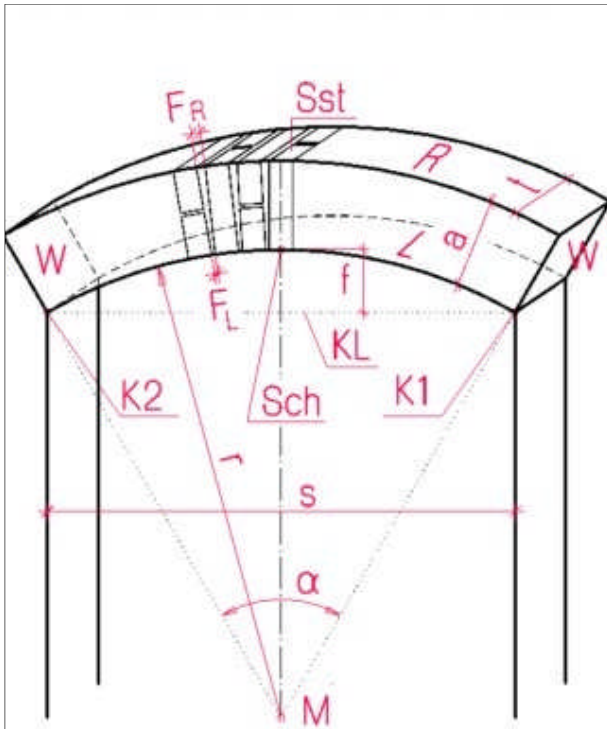
Six époques architecturales

Atelier



11/14

Exercice: indique le terme technique correspondant à chaque abréviation!

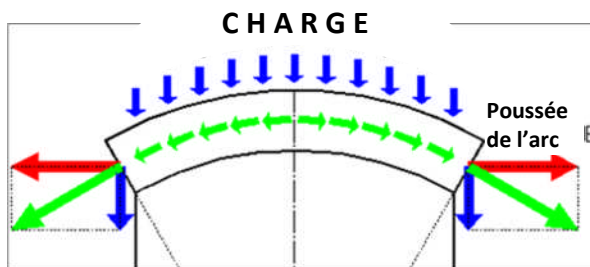


Indique le terme technique correspondant à chaque abréviation!

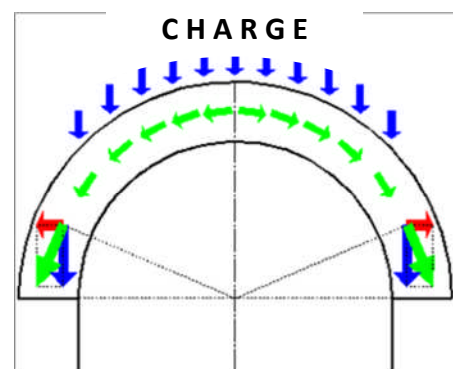
Sst	
R	
L	
f	
t	
a	
Sch	
K ₁ , K ₂	
KL	
W	
F _R	Epaisseur des jointures sur l'extrados
F _L	
s	
M	
r	
α	

Pressions exercées sur l'arc

Si la pression exercée sur l'arc maçonné est uniforme, alors seules s'exercent des forces de compression. Il se forme un arc, et les forces s'exercent à angle droit sur le radius de l'arc. Sur la retombée de voûte, on voit la force résultante représentée en vert. Cette force résultante peut être décomposée en poussée de l'arc horizontale (rouge) et force d'appui perpendiculaire (bleue). Plus un arc est plat, plus sa hauteur est faible, plus la poussée de l'arc est importante. Dans le cas des arcs en tas de charge, la poussée de l'arc est très importante.



Arc en tas de charge



Arc en anse de panier

Six époques architecturales

Atelier



12/14

5^e époque: maisons à colombage de la fin du Moyen-Âge

Construit un mur à colombage avec des morceaux de bois et du plâtre!

Par colombage, on entend un mode de construction où une structure est érigée à partir de poutres et dont les interstices sont comblés avec des claies et de l’argile, de la paille, des madriers ou des ardoises. Le colombage remonte au début du Moyen-Âge.

Pour la construction des maisons, on utilisait le bois résultant du défrichage des terres pour la colonisation ou l’agriculture. Tout d’abord selon la technique des bois longs (encoffrement). Les ressources avoisinantes en épais troncs de bois se raréfiant, une structure en bois a

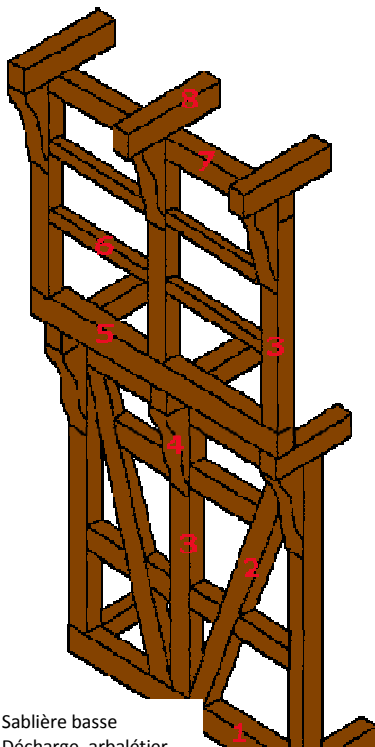


été mise au point dont les interstices étaient alors remplis avec d’autres matériaux de construction.

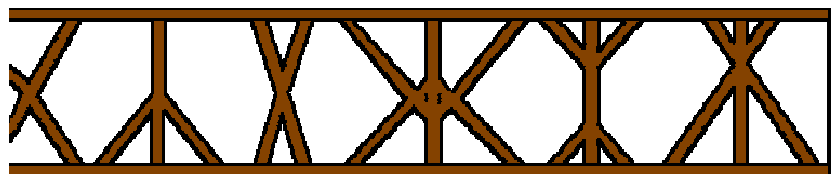
L’élément principal du colombage est la colonne/le poteau (le colombage est aussi désigné par «construction à colonnes»). Au début, il était enfoncé profondément dans la terre. Aujourd’hui, il est posé sur une sablière, laquelle repose sur une maçonnerie. Cela permet ainsi de résoudre l’un des principaux problèmes de l’époque: la pourriture du bois.

Les maisons à colombage dites gothiques étaient sans fioritures et consistaient uniquement en des maisons d’habitation. A la Renaissance, en revanche, de magnifiques constructions ont vu le jour qui rivalisaient d’ingéniosité architecturale. Dès lors, la maison devenait l’expression de la propre prospérité de son propriétaire.

Outre le «Mann» classique et la Croix de Saint-André, les poutres verticales et obliques sont assemblées selon un grand nombre de combinaisons, par exemple le «Wilde Mann» (traduction littérale: l’homme sauvage), le demi-Mann, le Mann à tête, le Mann à tête de coq.



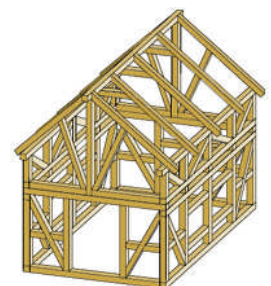
- | | |
|-------------------------|------------------|
| 1 Sablière basse | 6 Linteau |
| 2 Décharge, arbalétrier | 7 Sablière haute |
| 3 Poteau cornier | 8 Poutre de rive |
| 4 Echantignole | |
| 5 Sablière d’étage | |



demi-Mann Mann primitif Croix de Saint-André Mann d’angle Mann à tête de coq Mann classique

Expérience

A votre tour! Prenez des allumettes ou des petites baguettes en bois. Construisez au moins un pan de bois. Pour relier les éléments en bois tout est permis. Si vous avez le temps, remplissez un ou plusieurs pans avec du plâtre.



Six époques architecturales

Atelier



6^e époque: construction moderne

Exercice: décris les différences entre ces quatre maisons!



1



2



3



4

- 1.) _____
- 2.) _____
- 3.) _____
- 4.) _____

Six époques architecturales

Atelier



14/14

Dessine un plan simple d’un étage de la maison de tes rêves (inutile que ce soit un palais)! Voici un exemple. Tu peux aussi essayer un plan en perspective.

Exemples (il ne s’agit pas de la même maison)

