Université Badi Mokhtar Annaba

Département d'architecture

Cycle Licence. Semestre II

THEORIE DU PROJET

La Fonction en architecture

Équipe pédagogique : MR Naoufel BAHRI, Mme Khedidja BOUFENARA, Melle Heddya BOULKROUNE, Melle Bahia KEBIR. Melle Nadira SAIDi

« La forme suit la fonction ». Sullivan

1. Rapports entre forme et fonction en architecture.

« La forme suit la fonction » cette formule de Sullivan a fait fortune et elle caractérise pour le grand public l'architecture moderne. Exprimée à la fin du XIXème siècle elle a donné naissance style appelé : *Fonctionnalisme* ou *constructivisme (*dans les pays de l'ex bloc de l'Est).

- La première règle du fonctionnalisme émane de la conviction que la forme doit refléter la fonction ou plus exactement exprimer celle-ci. Cette règle s'applique non seulement aux espaces architecturaux mais aussi à tous les éléments constructifs. Ces derniers doivent trouver leur expression architectonique correspondante : ainsi les colonnes et les supports (en tant qu'éléments structuraux) devront être non seulement visibles à l'intérieur, mais se différencier des simples panneaux muraux ou des cloisons non structurelles, afin de mettre en exergue la fonction : *Portance.*
- La seconde règle s'inspire directement de la mécanique. Au début du fonctionnalisme c'est la mécanique statique des volumes simples puis développés qui jumelée au mouvement cubiste qui engendra l'utilisation puriste des cubes, sphères, cylindres, cônes puis hyperboloïdes et paraboloïdes hyperboliques etc. Dés les années vingt Le Corbusier a proclamé que

« l’architecture est le jeu savant, correct et magnifique des volumes assemblés sous la lumière ». A la fin du vingtième siècle et grâce au développement de l’informatique et de son influence sur l’industrialisation, c’est la mécanique dynamique qui fait son entrée dans l’architecture : dôme rétractable, façades mobiles selon le besoin, etc.….

Il serait honnête de dire que le fonctionnalisme poussé aboutit souvent à une pauvreté esthétique. Néanmoins il demeure nécessaire dans la formation d’architecte, il constitue un bon manuel de classe, un bon critère de critique et d’évaluation des projets.

Comme contre exemple du fonctionnalisme, nous pouvons citer : *l’expressionisme* ou *formalisme.* Pour ce dernier style, c’est la fonction qui doit s’inscrire dans la forme ou « la fonction s’organise par la forme ». La forme se *compose* selon les idées et les lois des exigences artistiques en dehors des exigences de fonction, parfois même à son détriment et au détriment des exigences de confort et des commodités intérieures.

Pour un fonctionnaliste, aucune œuvre architecturale ne sera considérée comme telle si l’on ne peut percevoir et apercevoir le caractère dominant de cette œuvre à savoir : *la fonction de l’édifice.*

2. Organisation des fonctions dans l’espace

Par fonction on entend précisément toutes les fonctions de l’architecture c.-à-d. le rôle qu’elle est appelée à jouer, l’utilité qu’elle a, l’action qu’elle exerce sur nous et le but pour lequel nous l’organisons. Cette fonction change selon que l’on considère l’homme en tant qu’individu isolé ou en tant membre d’une société. Partant de ce point de vue, l’organisation générale va pouvoir être scindée en deux rubriques principales : les fonctions des espaces architecturaux destinés à l’homme biologique et celles des espaces destinés aux groupes sociaux ou à la société.

Ainsi lors de la conception d’in bâtiment, l’architecte doit organiser le processus fonctionnel en espaces et en temps en tenant compte de l’aménagement et de l’encombrement nécessaires au bon déroulement de la fonction. En général chaque processus a ses particularités. Il détermine ainsi le schéma de composition général du bâtiment ; nous reconnaissons ainsi un hôtel d’un lycée ou d’un hôpital.

On serait tenté de croire qu'il suffirait de juxtaposer des éléments distincts (des locaux destinés à chaque fonction) pour concevoir un bâtiment fonctionnel. Il n'en est rien !

Il faut tenir compte de l'interpénétration, la superposition de certaines fonctions entre elles tout en prenant en considération l'espace temps ou la périodicité de la fonction. Si en réalité nous séparons certaines fonctions pour mieux les analyser, il serait aberrant de les séparer réellement tant elles sont étroitement liées et même confondues. La juxtaposition des éléments correspondant à chaque fonction aboutirait à un bâtiment immense manquant d'unité et donc exactement au contraire du but recherché. Leur interpénétration permettra une économie d'espace, un plan mieux adapté à la diversité (laquelle est très souvent recherché) mais aussi à l'unité de l'activité.

3. **Méthode d'étude du schéma fonctionnel**

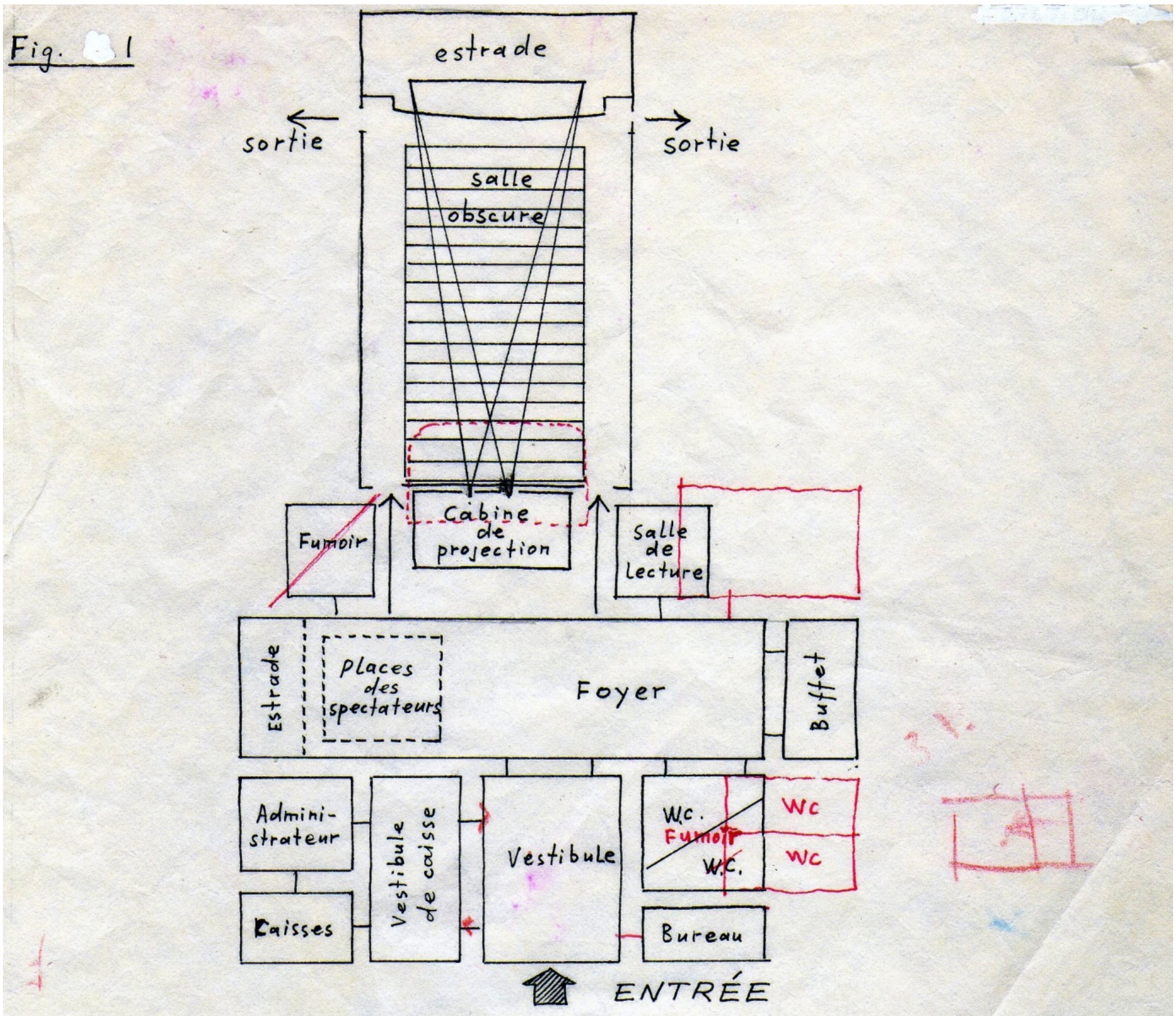
Avant d'aborder la conception, l'architecte doit disposer d'un programme préalable proposé par le futur maître d'ouvrage (client) . Il devra en étudier tous les détails et souvent en analysant les fonctions qui se déroulent dans les espaces proposés, il devra le compléter car il est le seul à pouvoir justifier de tout espace projeté. Il devra par la suite devoir vérifier toutes les surfaces proposées selon le processus : fonction, aménagement, encombrement, périodicité d'utilisation, nombres d'usagers et d'utilisateurs.

Il s'efforcera de faire ressortir les grands mouvements de circulation, les grandes entités fonctionnelles et les interrelations qui les lient. Il devra trouver et comparer les différentes solutions de schémas fonctionnels. Il s'agira notamment de regrouper les différents services par exemple par affinité ou par complémentarité. Il devra qualifier les relations qui existent entre les différentes **fonctions** selon leur importance.

Les méthodes de ce travail peuvent être différentes selon l'outil utilisé (papier, calque, maquette ou display informatisé) ; mais sont animées d'une même logique de pensée. Les croquis restent la représentation la plus usitée. **Un schéma fonctionnel correspond à plusieurs solutions architecturales** ;ex : le schéma d'un hôpital dans lequel nous aurons séparer les différents services par spécialité peut donner un hôpital pavillonnaire ou un hôpital en monobloc.

Plus un bâtiment est grand plus dure sera la tâche de l'architecte vu la complexité due au nombre des fonctions que ce bâtiments abrite. Afin de palier à ce problème, un diagramme selon une matrice carrée (dont les éléments sont les fonctions) pourra éventuellement aider.

Fig. 1



Tabl.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Salle obscure		X	X									
2	Cabine de projection	X											
3	Foyer	X			X	X	X	X					X
4	Fumoir			X									
5	Salle de lecture			X									
6	Buffet			X									
7	Vestibule			X					X			X	
8	Vestibule de caisse							X		X	X		
9	Caisses								X		X		
10	Administrateur								X	X			
11	Bureau							X					
12	W.C.			X									
	Total des liens	2	1	6	1	1	1	3	3	2	2	1	1

Deux variantes d'organisation spatiale en fonction d'une matrice unique

Les corrélations seront matérialisées par une croix. Les « paquets » de croix donneront une indication pour le regroupement des fonctions affines ou complémentaires.

Nous pouvons éventuellement remplacer une croix par une aiguille dans le cas d'une faiblesse ou de rejet entre deux fonctions ce qui permettra le rapprochement ou l'éloignement des deux fonctions.

Cette matrice servira de base de travail pour l'établissement de schémas fonctionnels.

Une circulation se transformera soit en hall, en couloir, en escalier, en ascenseur, en monte charge, en pente, ou en tuyau ou gaine.

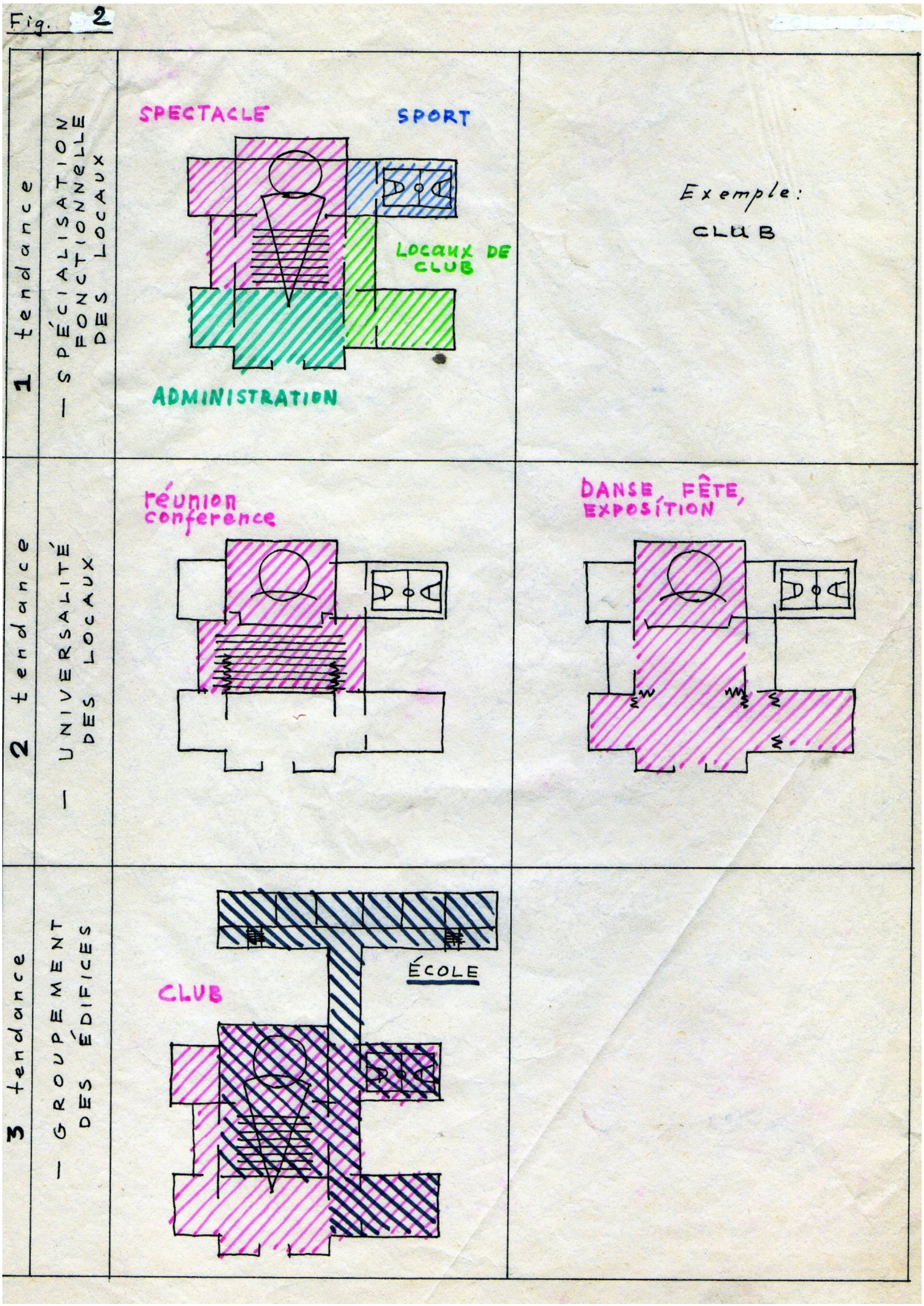
4. Trois tendances d'organisation fonctionnelle des plans de bâtiments publics

Trois grandes tendances sont en usage : la spécialisation fonctionnelle, l'universalité des espaces et le regroupement des locaux. Ces trois tendances se retrouvent soit à l'échelle d'une même bâtisse soit à l'échelle de la ville.

- ***La spécialisation fonctionnelle*** est généralement réservée aux bâtiments abritant certaines fonctions très spécifiques telles que les bâtiments officiels, les théâtres, les salles de concerts philarmoniques…. à l'échelle de la ville ou laboratoires spécifiques, salle spécialisée…. à l'échelle du bâtiment.

- ***L'universalité des bâtiments*** est largement utilisée pour les bâtiments administratifs, commerciaux, de culture et loisirs ex salle d'exposition ou de foire à l'échelle de la ville ou bien salle polyvalente dans un lycée ou dans un centre culturel, cour de récréation comme terrain de sport dans une école.

- Quant aux ***regroupements des espaces***, ils concernent le partage d'un même espace par plusieurs bâtiments aux fonctions différentes ex : des terrains de sport à usage des lycéens ou étudiants et des citoyens d'une commune…..à l'échelle de la ville ; un foyer utilisé par les usagers d'une salle de cinéma et par ceux d'une médiathèque.



Exemples de projets selon les trois tendances organisationnelles.

5. La coordination dimensionnelle.

Cependant aujourd'hui la construction des bâtiments est largement réalisée avec soit l'application des méthodes industrielles totales soit par l'introduction de parties (petites et grandes) manufacturées allant des matériaux de construction aux éléments architecturaux. Ce recours à l'industrie subordonne les architectes à une coordination dimensionnelle tenant compte des produits existant sur le marché. L'utilisation d'éléments préfabriqués aussi petits soient-ils exige leurs ***unification***, ***standardisation*** et leur ***normalisation***.

Ceux sont ces derniers qui exigent une ***modulation*** des mesures dans la construction des bâtiments comme base de dimensionnement. Tous les matériaux de construction et tous les éléments de construction doivent être dimensionnés selon les normes en vigueur afin d'assurer la cohérence de la normalisation dimensionnelle des différents corps d'état.

5.1 . La modulation.

Le principe de la modulation correspond à la notion de progression arithmétique. Depuis les grecs, il est apparu que cette notion correspondait aux besoins du bâtiment :

- D'une part en raison de l'unicité de l'ordre de grandeur des dimensions en matière de bâtiment, qui se ramène à l'homme « mesure de toute chose » et ne s'étend pratiquement que du décimètre au mètre ou à ses multiples.
- D'autre part en raison des techniques essentiellement additives du bâtiment qui consistent, le plus souvent, à juxtaposer des éléments identiques briques, blocs de béton, lames de parquets, marches d'escaliers, etc.

Le terme de Module remonte à l'antiquité, à Vitruve qui l'a utilisé dans son « Traité de L'Architecture ». La reprise du « module » date de 1942 lorsque Le Corbusier préparait la charte d'Athènes avec des projets d'habitation notamment La Cité Radieuse de Marseille et le Ville Nouvelle de Chandigarh. En France la norme NF P 01-001 a pour module de base 10cm. Plus tard furent introduites, au fur et à mesure, les normes d'interprétation précisant dans chaque cas particulier comment utiliser le module. Ainsi les multiples 30 et 60cm sont utilisées dans les dimensions horizontales alors que le 20cm est utilisé pour les hauteurs. En application de principe de modulation, toutes les cotes d'une construction doivent être des multiples de 10, de 5 ou de 2,5cm.

5.2. Le Modulor

Ce mot désigne à la fois un ouvrage théorique de Le Corbusier et le canon classique qui vise à établir des règles de beauté universelle. Il se réfère à la sculpture du *Doryphore* de Polyclète (Musée archéologique de Naples) sur laquelle on calcula un module : la main est égale à quatre fois la longueur d'un doigt, par exemple. On emprunta à Vitruve la théorisation du phénomène. Il indique que la figure humaine contient huit fois sa propre tête, et que le corps, bras et jambes déployés, s'inscrit dans un cercle et un carré. Le Modulor trouve aussi son origine dans le Nombre d'Or tant exploité et recherché par les mathématiciens amoureux des proportions.

5.3 L e Nombre d'or.

***Origine de son nom** :* On le désigne par la lettre grecque φ (phi) en hommage au sculpteur grec Phidias (né vers 490 et mort vers 430 avant J.C) qui décora le Parthénon à Athènes. C'est Théodore Cook qui introduisit cette notation en 1914.

Définition : Le **nombre d'or** est la proportion définie initialement en géométrie, comme l'unique rapport entre deux longueurs telles que le rapport de la somme des deux longueurs sur la plus grande soit égal à celui de la plus grande sur la plus petite.

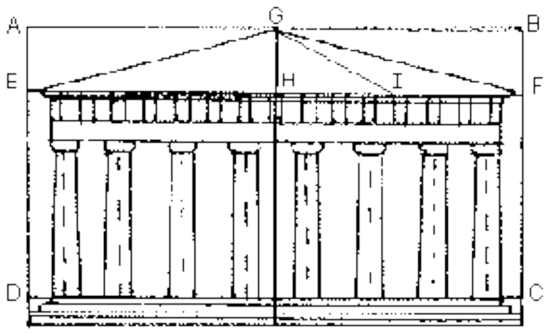
Historique :

*** Il y a 10 000 ans** : Première manifestation humaine de la connaissance du nombre d'or : temple d'Andros découvert sous la mer des Bahamas.

*** 2800 av JC** : La pyramide de Kheops a des dimensions qui mettent en évidence l'importance que son bâtisseur attachait au nombre d'or. Le rapport de la hauteur de la pyramide de Kheops par sa demi-base est le nombre d'or.
D'après Hérodote, des prêtres égyptiens disaient que les dimensions de la grande pyramide avaient été choisies telles que : *"Le carré construit sur la hauteur verticale égalait exactement la surface de chacune des faces triangulaires"*

La pyramide de Kheops

*** Vème siècle avant J-C. (447-432 av.JC) :** Le sculpteur grec Phidias utilise le nombre d'or pour décorer le Parthénon à Athènes, en particulier pour sculpter la statue d'*Athéna Parthénos*. Il utilise également la racine carrée de 5 comme rapport. Le Parthénon d'Athènes fait apparaître un peu partout le nombre d'or.



Le Parthénon

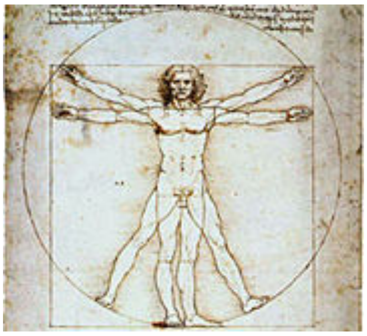
Le Parthénon s'inscrit dans un rectangle doré, c'est-à-dire tel que le rapport de la longueur à la hauteur était égal au nombre d'or.

Sur la figure : DC/DE =φ.

Sur la toiture du temple, GF/GI = φ

Le rectangle GBFH est appelé rectangle Parthénon.

*** IIIème siècle avant J-C. :** Euclide évoque le partage d'un segment en "extrême et moyenne raison" dans le livre VI des *Eléments*.



***L'homme de Vitruve de Léonard de Vinci respecte les proportions explicitées par Vitruve, le nombre d'or n'intervient pas*.**

*** 1498 :** Fra Luca Pacioli, un moine professeur de mathématiques, écrit "*De divina proportione"* ou "La divine proportion".

*** Au XIXème siècle :** Adolf Zeising (1810-1876), docteur en philosophie et professeur à Leipzig puis Munich, parle de "section d'or" (*der goldene Schnitt)* et s'y intéresse non plus à propos de géométrie mais en ce qui concerne l'esthétique et l'architecture. Il cherche ce rapport, et le trouve dans beaucoup de monuments classiques. C'est lui qui introduit le côté mythique et mystique du nombre d'or.

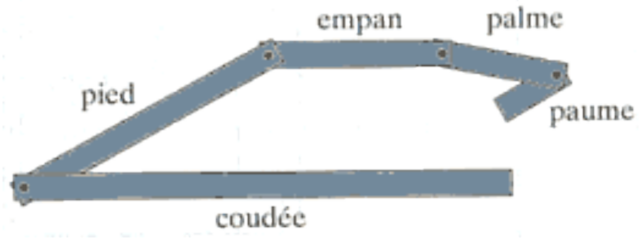
*** Au début du XXème siècle :** Matila Ghyka, diplomate roumain, s'appuie sur les travaux du philosophe allemand Zeising et du physicien allemand Gustav Théodore Fechner ; ses ouvrages "*L'esthétique des proportions dans la nature et dans les arts*" (1927) et "*Le Nombre d'or" et " Rites et rythmes pythagoriciens dans le développement de la civilisation occidentale*" (1931) insistent sur la prééminence du nombre d'or et établissent définitivement le mythe.

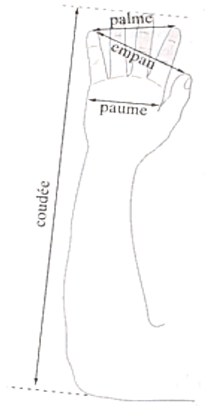
*** Au cours du XXème siècle :** des peintres tels Dali et Picasso, ainsi que des architectes comme Le Corbusier, eurent recours au nombre d'or. En **1945 :** Le Corbusier fait breveter son *"Modulor"* qui donne un système de proportions entre les différentes parties du corps humain.

Le modulor de Le Corbusier

5.4. Les bâtisseurs de cathédrales

Au moyen âge, les bâtisseurs de cathédrales utilisaient une pige constituées de cinq tiges articulées, correspondant chacune à une unité de mesure de l'époque, relatives au corps humain : la paume, la palme, l'empan, le pied et la coudée.





Les longueurs étaient donnée en lignes, une ligne mesurant environ 2 mm (précisément 2,247 mm) : Pour passer d'une mesure à la suivante, on peut constater que l'on **multiplie par le nombre d'or,** environ 1,618.

Paume	34 lignes	7,64 cm
Palme	55 lignes	12,63 cm
Empan	89 lignes	20 cm
Pied	144 lignes	32,36 cm
Coudée	233 lignes	52,36 cm

5 .5. Définition et valeur mathématiques du nombre d'or.

Le nombre d'or est la solution positive de l'équation : $x^2 - x - 1 = 0$,

C'est-à-dire que le nombre est égal à $\frac{1+\sqrt{5}}{2}$

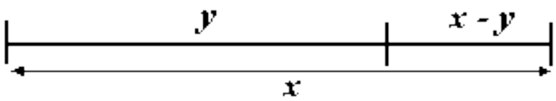
Définition de la proportion d'or : Deux longueurs strictement positives *a* et *b* respectent la **proportion d'or** si et seulement si, le rapport de *a* sur *b* est égal au rapport de *a* + *b* sur *a*.

$$(1) \quad \frac{a}{b} = \frac{a+b}{a}$$

Les 100 premières décimales du nombre d'or sont :
1,618 033 988 749 894 848 204 586 834 365 638 117 720 309 179 805 762 862 135 448 622 705 260 462 189 024 497 072 041

La dénomination *section d'or* ou *section dorée* est tardive et est due à l'Allemand Zeising, au milieu du XIXème siècle.
La plus ancienne définition, et construction géométrique, de la section d'or remonte au IIIème siècle avant JC et est due au mathématicien grec Euclide, dans son ouvrage « *Les Éléments »* : "*Une droite est dite coupée en extrême et moyenne raison quand, comme elle est toute entière relativement au plus grand segment, ainsi est le plus grand relativement au plus petit"*.[1]

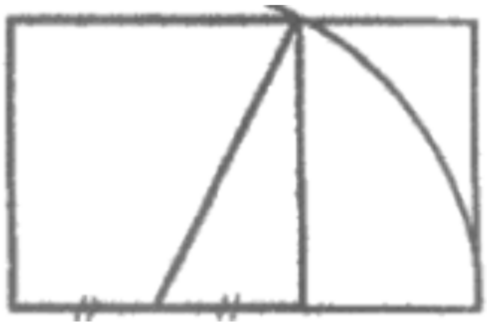
Un segment est partagé suivant la section d'or ou la proportion divine si les rapport *x / y* et *y / (x - y)* sont égaux, ce qui signifie que le petit et le moyen segment sont dans le même rapport que le moyen et le grand segment.



De l'équation $\frac{x}{y} = \frac{y}{x-y}$, on obtient l'équation $\left(\frac{x}{y}\right)^2 - \frac{x}{y} - 1 = 0$ dont la solution est $\frac{x}{y} = \varphi$

1 EUCLID,*"Les éléments",* Livre IV, troisième définition

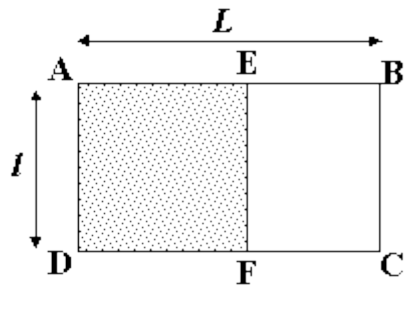
Rectangle d'or



Ce dessin montre comment, à partir d'un carré de côté 1, on construit un rectangle (d'or) de longueur le nombre d'or

Le format d'un rectangle est le quotient $\dfrac{\text{Longueur}}{\text{largeur}} = \dfrac{L}{\ell}$

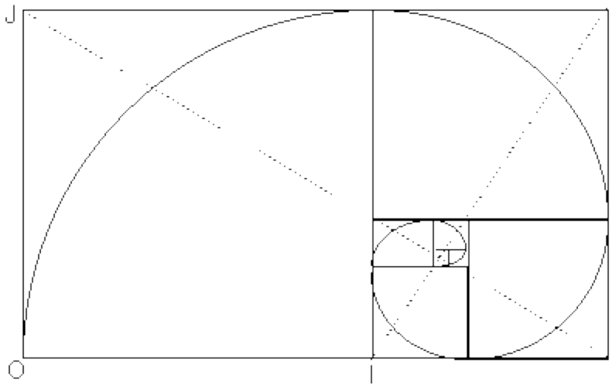
Le format d'une feuille de papier classique (A3, A4, A5) est $\sqrt{2}$. Les dimensions d'une feuille de format A4 ont été choisies de manière qu'en la coupant en deux, on obtienne une feuille (un rectangle) de même format.
Si on note L la longueur d'une feuille de papier A4 et *l* sa largeur, le format d'une feuille A4 est L / *l*.
La longueur d'une feuille de papier A5 est *l* et sa largeur est L/2. Le format d'une feuille A5 est donc *l* / (L/2) soit 2*l* / L.
On veut que les deux feuilles aient le même format, soit L / *l* = 2*l* / L d'où $L^2 = 2\, l^2$ d'où L / *l* = $\sqrt{2}$



Le rectangle BCFE est obtenu en retirant le plus grand carré possible du rectangle ABCD.

ABCD et BCFE ont le même format si $\frac{L}{l} = \varphi$

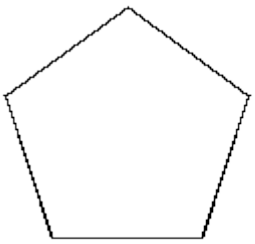
La spirale d'or



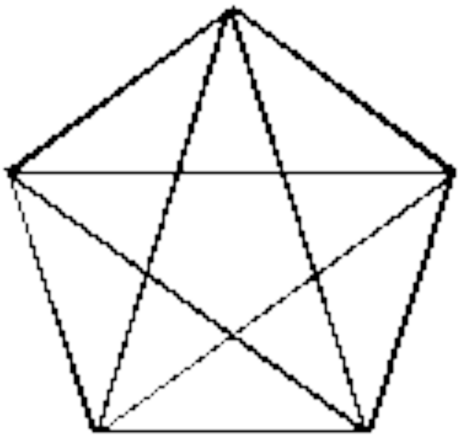
La figure est construite à partir d'un grand rectangle d'or.
On retire le grand carré au grand rectangle d'or et on obtient un petit rectangle d'or.
Ensuite, on retire le petit carré au petit rectangle d'or et on obtient un rectangle d'or plus petit.
On réitère l'opération indéfiniment. Elle ne s'arrête pas car la longueur et la largeur d'un rectangle d'or sont incommensurables (on ne peut pas mesurer l'un en prenant l'autre pour unité).

La spirale obtenue est une spirale équiangulaire qui se rencontre beaucoup dans la nature : tournesols, pommes de pins, coquillages, disposition des feuilles ou des pétales sur certaines plantes.

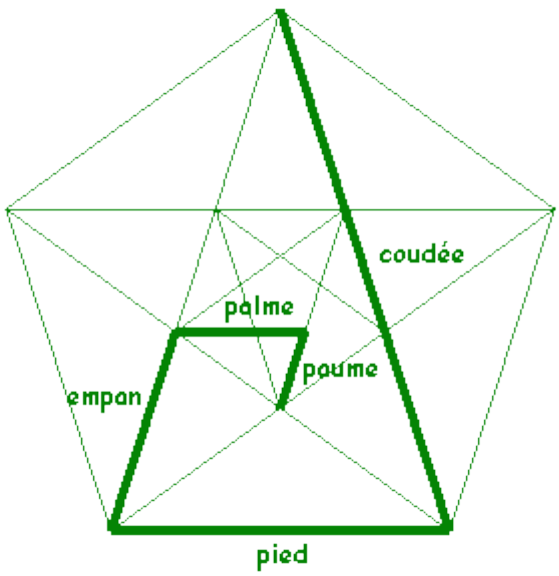
Le Pentagone régulier



Un pentagone régulier est un polygone à cinq côtés inscrit dans un cercle (tous les points formant le pentagone sont sur un même cercle) et dont tous les côtés et tous les angles ont les mêmes mesures.
L'angle entre deux côtés consécutifs du pentagone régulier vaut 108°.

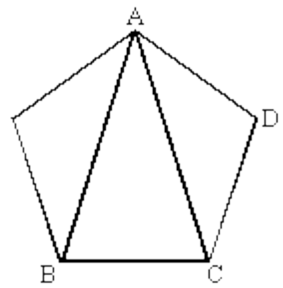


Il existe deux pentagones réguliers : Le plus courant est celui dit *convexe*, l'autre (l'étoile de shérif) est dit *étoilé*.



Cette **suite est aussi géométrique** puisque le rapport entre deux mesures consécutives est le nombre d'or.

Pentagone régulier et nombre d'or



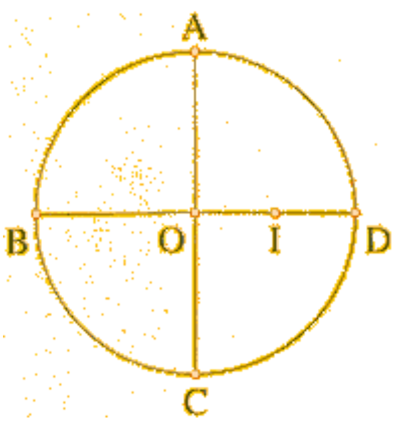
Le pentagone régulier est une figure d'or car la proportion entre une diagonale et un côté est le nombre d'or.

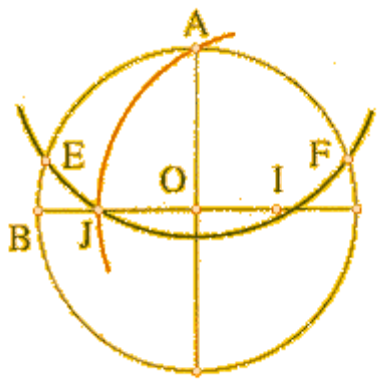
$$AC/AD = \varphi$$

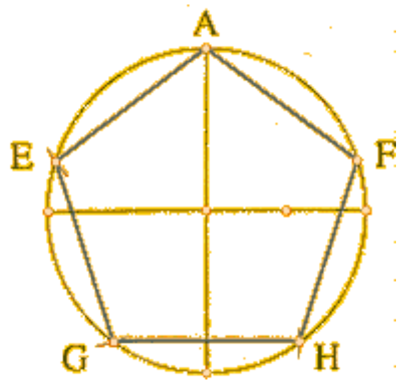
Le triangle ABC et le triangle ACD sont tous deux des triangles isocèles dont les longueurs des côtés sont dans le rapport du nombre d'or : ce sont deux **triangles d'or**. Ce qui revient à dire que la trigonométrie peut être elle aussi dorée.

Un **triangle d'or** est un triangle **isocèle** dont les longueurs des côtés sont dans le rapport du nombre d'or. Il existe deux triangles d'or l'un à 72° et l'autre à 36°

Construction du pentagone régulier







Sur un cercle (C) de centre O, on trace deux diamètres perpendiculaires.
On place le point I, milieu du rayon [OD].

On trace le cercle de centre I et de rayon IA.
Il coupe [OB] en J.
On trace le cercle de centre A et de rayon [AJ].
Il coupe le cercle (C) en deux points E et F.

Le cercle de centre E et de rayon EA coupe (C) en G (et en A).
Le cercle de centre F et de rayon FA coupe (C) en H (et en A).
AEGHF est un pentagone régulier.

Suite de Fibonacci

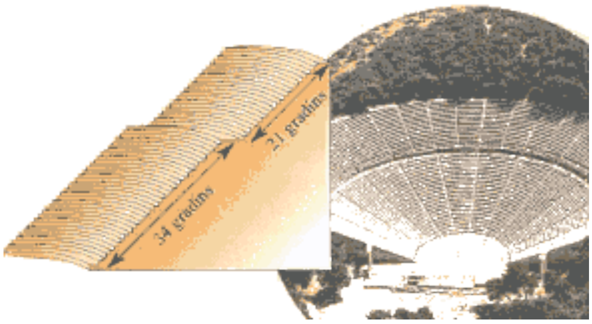
Les nombres de Fibonacci forment une *suite* de nombres que l'on appelle *suite de Fibonacci*.
Un nombre de la suite s'obtient en ajoutant les deux nombres précédents de la suite :

si on note F_n le $n^{ème}$ nombre de Fibonacci, $F_n = F_{n-1} + F_{n-2}$

Voila les premiers nombres de la suite : $F_1 = 1$; $F_2 = 1$; $F_3 = 2$; $F_4 = 3$; ...etc

indice n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	...	...
F_n	1	1	2	3	5	8	13	21	34	55	89	...	...

Dans le théâtre d'Epidaure, construit en Grèce à la fin du IVème siècle avant JC, on a cherché à éviter la monotonie en répartissant les gradins en deux blocs.
Il y a 55 gradins répartis en 34 et 21.
Ce sont trois nombres successifs de la suite de Fibonacci et les rapports 34/21 et (34+21)/34 sont très proches du nombres d'or.
Les gradins sont partagés en "extrême et moyenne raison" .



Le théâtre d'Epidaure une architecture mathématique.