

Introduction :

Le béton est apparu dans l'Antiquité, mais sa forme moderne date du 19^{ème} siècle. Le béton armé a révolutionné l'architecture au XX^e siècle, permettant des formes plus audacieuses et de grandes portées. De plus, il est prisé pour sa résistance au feu, son coût réduit, ainsi que sa résistance à la traction et à la compression.

I. Définition et généralités :**Définition :**

Le béton armé est matériau de construction composé de béton et d'armatures en acier. Le béton, qui est résistant à la compression, et l'acier, qui est résistant à la traction, se combinent idéalement pour former un matériau plus solide et durable.

Son emploi remonte à l'Antiquité mais sa forme actuelle date à la révolution industrielle

II. L'apport du béton armé en architecture :

La forme moderne du béton s'est développée à travers plusieurs inventions majeures :

II.1-La naissance du béton armé :

- **Le béton** est utilisé depuis l'Antiquité, notamment par les civilisations romaines, comme en témoigne le Panthéon.
- Le ciment Portland¹ a été inventé **en 1824** par le maçon anglais Joseph Aspdin.
- **En 1867**, le brevet de Joseph Monier. Le jardinier français Joseph Monier a créé le **béton armé**, il a renforcé le béton par des poutrelles métalliques pour créer des bordures de ses jardinières (éviter les fissurations du béton).

II.2-Les premières bâtiments et la popularisation de l'emploi du béton armé :

- **Entre 1873 et 1874**, la maison familiale de William E. Ward a été la première construction en béton armé dans le comté de Westchester, aux États-Unis.
- Le béton armé a été breveté par **François Hennebique** en 1892, ce qui a permis la réalisation de bâtiments plus vastes et plus complexes (le Pont des Arts à Paris (1890)).
- Au début du XX^e siècle, le béton a progressivement remplacé l'acier en raison de ses propriétés structurelles, offrant la possibilité de créer des formes plus dynamiques et flexibles, notamment dans les édifices religieux pour exprimer la spiritualité.

-En 1882, la Sagrada Familia à Barcelone, d'Antonio Gaudi (formes plastiques et décoratives du béton armé).

-En 1912, le temple Baha'i à Wilmette d'Illinois , Louis Bourgeois

¹Il s'agit d'un type de ciment commercialisé au 19e siècle par le maçon anglais Joseph Aspdin, dont le nom « Portland » provient de l'île de Portland, en Angleterre.

II.3-L'essor du temps moderne - béton armé et les formes ondulées :

-Les architectes expressionnistes allemands ont développé d'avantage l'emploi du béton dans les lieux de culte ainsi que dans d'autres types de constructions.

Architecte	Bâtiment
Dominikus Böhm	Eglise Saint Jean Baptiste à Neu-Ulm (1922)
Dominikus Böhm	Eglise Saint-Engelbert à Cologne (1930)
Otto Bartning	Eglise de la Sternkirche ²
Erich Mendelsohn	Tour Einstein à Potsdam (1921). (structures curvilignes novatrices)

-Les premiers toits en béton incurvés ont été réalisés avec l'église du Raincy (1923) par Auguste Perret et les hangars à Orvieto (1942) conçus par Pier Luigi Nervi. L'ingénieur suisse Robert Maillart, reconnu pour ses structures paraboliques, est un exemple notable, notamment avec le pont de Salginatobel (1930).

-Les techniques de béton armé ont été largement perfectionnées par des ingénieurs tels qu'Anton Tedesco, qui a conçu **la première coque mince à grande portée** pour le Palais des Sports de Hershey en 1936.

-Des architectes tels que Minoru Yamasaki, Félix Candela et Pier Luigi Nervi ont introduit des structures audacieuses, comme les voûtes à coque mince et les bétons nervurés.

-Les architectes du mouvement moderne ont largement adopté le béton armé comme matériau de construction novateur. Le Corbusier, considéré comme le père de l'architecture moderne, s'est particulièrement illustré par sa maîtrise du béton brut. Parmi ses réalisations emblématiques, on retrouve la villa Savoye (1930), ses immeubles d'après-guerre à Berlin (1957), ainsi que l'église Notre-Dame-du-Haut à Ronchamp (1957).

-L'architecture en béton armé a été développé par le brutalisme³, fondé par les architectes britanniques Alison et Peter Smithson à partir de 1953. En 1955, ce courant était plus popularisé par Reyner Banham dans son ouvrage « le nouveau Brutalisme ».

- Le béton armé, toujours présent dans l'architecture postmoderne, dépasse son rôle purement structurel pour devenir un véritable vecteur d'expression artistique et formelle.

² **la Sternkirche d'Otto Bartning** : l'église de l'Étoile conçue par Otto Bartning (1883-1959) est un chef-d'œuvre expressionniste, et pourtant elle n'a jamais été construite.

³ Signifie « béton brut ». La texture des coffrages en bois dans le béton est un élément caractéristique de ce style.

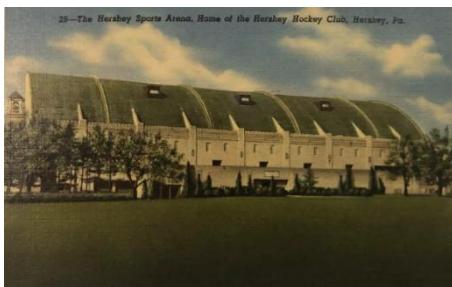


Fig.1 : le Palais des Sports
Hershey en 1936



Fig.2 : la villa Savoye, 1928



Fig.3 : la William E. Ward House, 1989

III. François Hennebique et ses brevets :

L'ingénieur français **François Hennebique** est l'un des précurseurs de l'utilisation structurale du béton armé. Il a amélioré la résistance du béton à la traction en lui intégrant des barres d'acier, ce qui permettait de créer des structures plus solides.

En 1882, Hennebique reprit la série de brevets de Monier et développe une recherche pratique pour sécuriser les liaisons entre les éléments du béton. Ainsi, il développa des calculs pour le dimensionnement du ferraillage.

Son invention a été brevetée en 1892, marquant une révolution dans l'architecture et l'ingénierie de l'époque. Grâce à cette innovation, François Hennebique est devenu l'un des pionniers du béton armé. L'ingénieur a ainsi réalisé le premier bâtiment en béton armé à Paris, en 1893, l'immeuble situé au 25 bis, rue Franklin. Hennebique a également conçu la villa Hennebique à Bourg-la-Reine (1901–1903), des ponts, des immeubles et des bâtiments emblématiques, tels que la gare de Lyon à Paris.

Grâce à ses innovations, le béton armé est devenu un matériau central dans la construction moderne, ouvrant la voie à de nouvelles possibilités architecturales.

IV. L'œuvre de Pier Luigi Nervi (1891-1979) :

Pier Luigi Nervi, ingénieur et architecte italien, s'est distingué par son approche novatrice et sa parfaite maîtrise des structures en béton armé. Il a conçu des ouvrages alliant robustesse, élégance et légèreté, comme des voûtes, des dômes ou des structures nervurées en béton. En s'appuyant sur la préfabrication et la modularité, Nervi a également réussi à réduire significativement les délais et les coûts de construction.

Parmi ses réalisations les plus emblématiques figurent le palais des sports de Rome (1957), le palais des expositions de Turin, le hangar pour avions de 1935, ainsi que la tour Pirelli à Milan. Il a aussi participé à des projets majeurs comme le théâtre de la ville à Paris, les pavillons de l'exposition universelle de Montréal (1967), l'ambassade d'Italie à Brasilia (1974-1977), le musée d'art moderne de São Paulo (1957) et le siège de la banque d'Italie à Rome.

Son approche a profondément marqué l'architecture moderne et a ouvert de nouvelles perspectives en matière de conception et de construction dans le domaine de l'ingénierie.

L'introduction du béton armé, matériau symbole de la modernité, a ouvert la voie à de nouvelles expressions architecturales, notamment les grandes portées, les structures porteuses, ainsi que les éléments en porte-à-faux et les coques minces.



Fig.4: le palais des sports de Rome

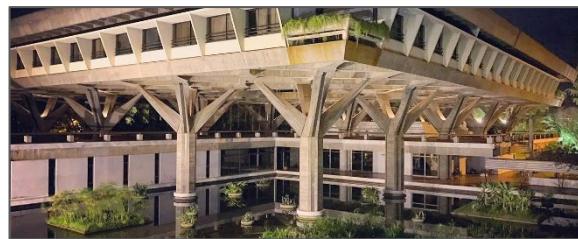


Fig.5 : l'ambassade d'Italie à Brasilia



Fig.6 : Béton à nervures-à gauche : le palais des sports de Rome-à droite : hangar pour avions



Fig.7 : Tour Pirelli à Milan

Conclusion :

Le béton armé a transformé le domaine de la construction en réunissant les propriétés du béton et de l'acier, ouvrant la voie à des formes architecturales novatrices et à des structures légères. Ce matériau est rapidement devenu une référence incontournable dans l'architecture moderne.