

Chapitre 02 : Les Bases de la Conception

LADJEL Mohamed

École Nationale supérieure des Travaux Publics

Département Matériaux & Structures

E mail : m.ladjel@enstp.edu.dz

3.7 Janvier 2024

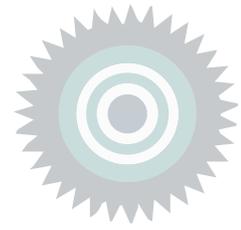


Table des matières

Objectifs	4
I - Introduction :	5
II - Pré-requis	6
III - Exercice : Test des pré-requis	7
IV - Exercice : Test des pré-requis	8
V - Exercice : Test des pré-requis	9
VI - Objectifs du chapitre 2	10
VII - Introduction (chapitre 2):	11
VIII - Les actions :	12
1. Actions permanentes (G) :	13
2. Les charges variables (Q) :	13
2.1. Les charges d'exploitation :	13
3. Les charges accidentelles (Fa) :	14
IX - États limites :	15
1. État limite ultime de résistance :	15
2. État limite de service :	15
X - Combinaison des charges :	16
XI - Sollicitations :	17
1. Sollicitations de calcul à l'ELU :	17
2. Sollicitations de calcul à l'ELS :	18
XII - Actions climatiques :	19
1. Actions du vent :	19
2. Étapes de calcul :	20
XIII - Actions sismiques :	21
XIV - Exercice : Question de compréhension	22
XV - Exercice : Question de compréhension	23
XVI - Exercice : Question de compréhension	24
XVII - Exercice : Question de compréhension	25

XVIII - Exercice : Question de compréhension	26
XIX - Exercice : Question de compréhension	27
XX - Examen Final	28
XXI - Exercice : Examen Final	29
XXII - Exercice : Examen Final	30
XXIII - Exercice : Examen Final	31
XXIV - Exercice : Examen Final	32
XXV - Exercice : Examen Final	33
XXVI - Exercice : Examen Final	34
XXVII - Exercice : Examen Final	35
XXVIII - Exercice : Examen Final	36
Solutions des exercices	37
Abréviations	41
Bibliographie	42

Objectifs



- **Comprendre** les différentes catégories d'infrastructures et d'ouvrages de génie civil.
- **Reconnaître** les missions et conditions principales dans le domaine du bâtiment.
- **Apprécier** l'importance de la collaboration entre architectes et ingénieurs dans la conception et la réalisation des bâtiments.
- **Comprendre** les compétences nécessaires pour satisfaire aux différentes conditions de fonctionnalité, stabilité, exploitation et économie dans la construction.
- **Appréhender** l'organisation de la profession du bâtiment et les rôles des différents acteurs impliqués.
- **Identifier** les documents préalables nécessaires à la conception d'un projet de construction.
- **Comprendre** les principes de base de la conception des structures et l'évaluation des charges appliquées.
- **Reconnaître** les différentes actions (permanent, variable, accidentelle) et leur impact sur la conception des ouvrages.
- **Comprendre** les concepts d'états limites ultimes et de service dans la conception des ouvrages.
- **Apprécier** l'importance des combinaisons de charges dans l'analyse de la sécurité des ouvrages.

Pré-requis



Pour pouvoir suivre ce cours avec succès il faut au préalable avoir :

- Connaissances de base en génie civil.
- Familiarité avec le vocabulaire technique du domaine.
- Compréhension des principes de construction.
- Connaissance des normes et réglementations du génie civil.
- Connaissance de base en mathématiques appliquées.
- Familiarité avec les logiciels de conception assistée par ordinateur (CAO).

Exercice : Test des pré-requis

[solution n°1 p. 37]



Question 1 : Qu'est-ce que le génie civil et quelles sont ses principales branches ?

Exercice : Test des pré-requis

[solution n°2 p. 37]



Question 2 : Expliquez ce que signifie le terme "structure en béton armé".

Exercice : Test des pré-requis

[solution n°3 p. 37]



Question 3 : Qu'est-ce que les normes algériennes (NA) et comment sont-elles utilisées dans le domaine du génie civil en Algérie ?

Objectifs du chapitre 2



A l'issu de ce chapitre, vous serez capables de :

- Identifier les charges et surcharges appliquées à une structure, évaluant ainsi les contraintes et déformations.
- Classer et distinguer les actions permanentes, variables (d'exploitation) et accidentelles, telles que le poids propre, les charges climatiques et les séismes.
- Déterminer les états limites de résistance et de service, assurant ainsi la sécurité et la durabilité des ouvrages face aux sollicitations, en combinant les charges pour obtenir les situations les plus défavorables.

Introduction (chapitre 2):



L'évaluation des charges et surcharges qu'une structure doit supporter est une étape importante dans sa conception et son dimensionnement. La charge appliquée peut provenir d'une force, d'une déformation ou d'une accélération. Ils produisent des contraintes, des déformations ou des déplacements dans les éléments structurels.

Les actions :

On appelle actions, l'ensemble des charges (forces, couples,....etc) appliquées à la structure (voir figure 1), ainsi que les conséquences des modifications telle que retrait, tassement, ... etc, qui entraînent des déformations de la structure.

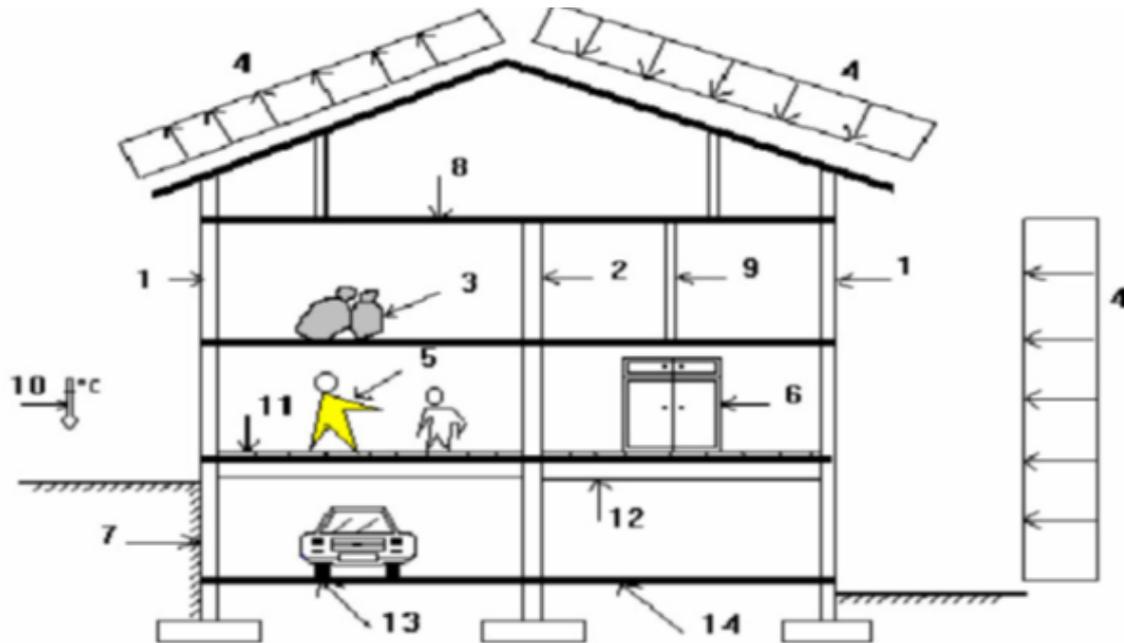


Figure 1 : Coupe schématique d'un bâtiment à 4 niveaux.

Légende :

1 - Mur De Façade ; 2 - Mur De Refend ; 3 - Charge Concentrée ; 4 - Action Du Vent ; 5 - Personnes ; 6 - Meuble ; 7 - Poussée Des Terres ; 8 - Plancher en béton armé ; 9 - Cloisons ; 10 - Température ; 11 - Revêtement de plancher ; 12- Poutre en béton armé ; 13- Automobile ; 14 - Sous-pression d'eau.

Les actions (ou charges) se divisent en trois catégories (Fig.2):

- actions permanentes.
- actions variables (d'exploitations).
- actions accidentelles.

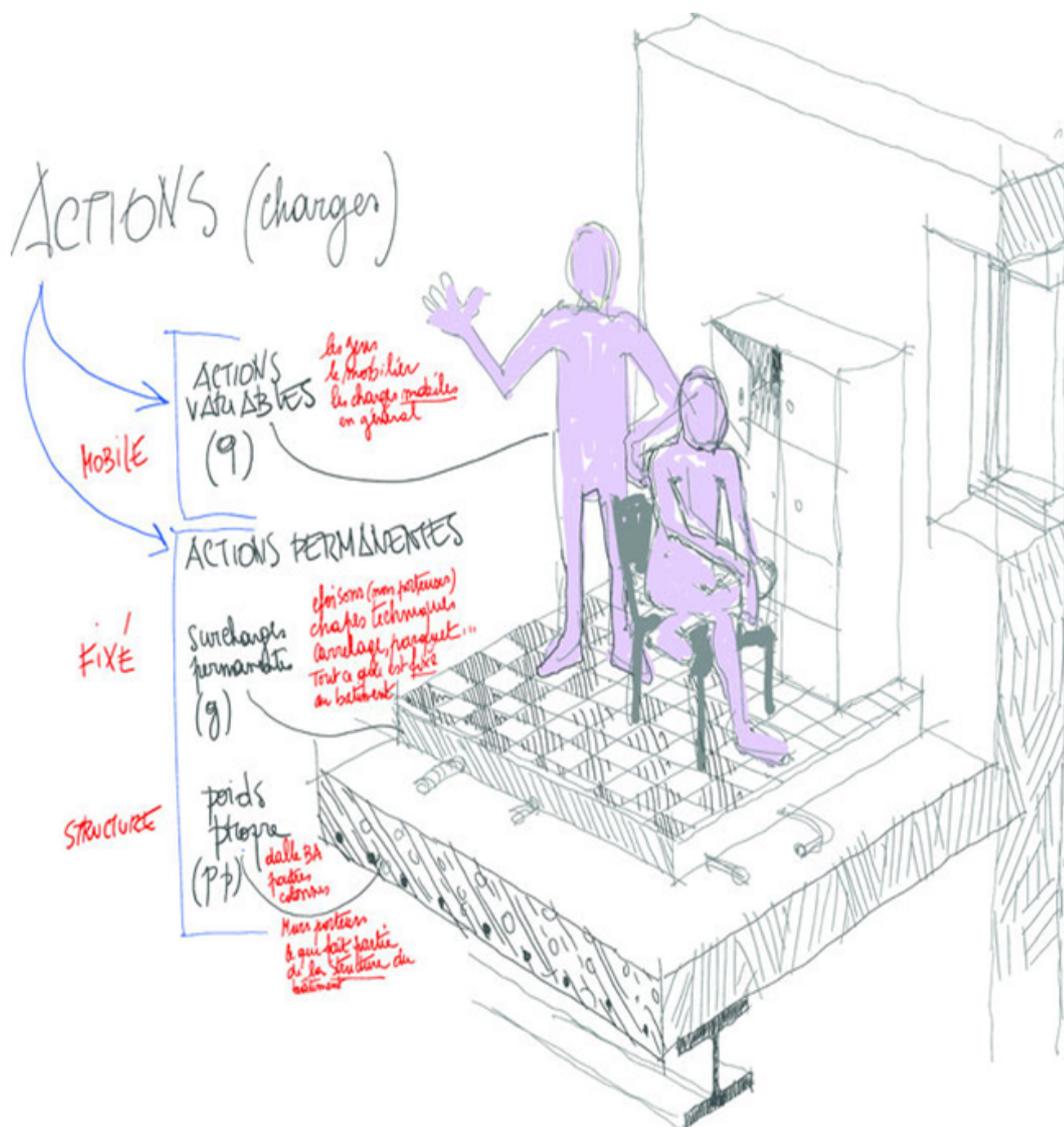


Fig.2. Les actions (ou charges)

1. Actions permanentes (G) :

Elles sont appliquées avec une intensité constante ou très peu variable dans le temps et comportant :

- Le poids propres de la structure.
- Les charges de superstructure telle que les cloisons, les revêtements, des équipements fixe, de la poussé des terres, des pressions de l'eau, des déformations comme le retrait.

2. Les charges variables (Q) :

Les charges variables sont celles qui sont appliquées temporairement et qui peuvent se déplacer ou changer d'intensité. Parmi ces charges on cite les charges d'exploitation et les charges climatiques.

2.1. Les charges d'exploitation :

Elles dépendent de l'utilisation et de l'exploitation du bâtiment en prenant en compte de :

- L'usage normal des occupants.
- Le mobilier et tout objet dit « mobilier ».
- Les véhicules...

Les actions :

Dans le cas de structure de génie civil, ces charges sont définies forfaitairement et réglementairement (*Eurocode1**, *BAEL**,...) en fonction de l'usage spécifique du bâtiment.

a) Les charges climatiques :

Ce sont des sollicitations dues à l'action du vent et de la neige.

- La neige : Elle a pour symbole S et s'exprime en KN/m^2 . Elle est calculée à partir des réglementations en vigueur. La neige est une action statique, toujours dirigée verticalement et vers le bas.
- Le vent : Noté W est une action complexe car elle peut avoir des effets statiques (dépression et surpression sur les parois) et dynamique (phénomène de résonance) sur une structure. Il est calculé à partir des réglementations en vigueur.
- Les actions de la température (Symbole T) dues aux variations d'ambiance en cours de journée.

3. Les charges accidentelles (F_a) :

Sont des actions de courtes durées. Elles comportent : séisme, action de chocs, explosion etc. Elles ne sont à considérer que si des documents d'ordre public ou le marché le prévoient (Fig.3).

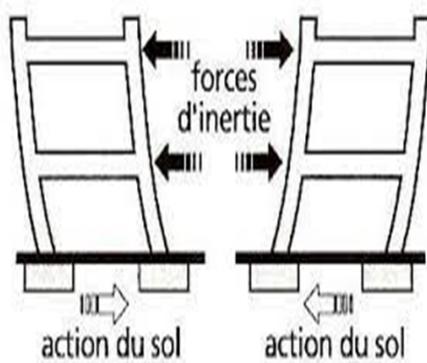


Fig 3. Les charges accidentelles.

États limites :



Les états limites correspondent aux points extrêmes des ouvrages. Au-delà desquels, un ouvrage ne remplit plus les critères pour lesquels il a été conçu. Il y a deux types de limites principalement utilisés lors de la conception d'ouvrage : l'état limite ultime de résistance et l'état limite de service.

1. État limite ultime de résistance :

Le dépassement de cet état conduit à la ruine de la structure. Au-delà de l'état limite ultime, la résistance des matériaux béton et acier est atteinte, la sécurité n'est plus garantie et la structure risque de s'effondrer. Par exemple, un ou des câbles d'un pont suspendu qui cassent.

Cet état est caractérisé par :

- État limite de l'équilibre statique.
- État limite de résistance de l'un des matériaux.
- État limite de stabilité de forme (flambement).

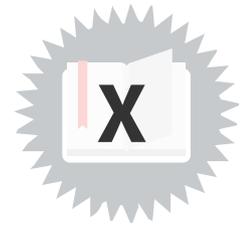
2. État limite de service :

Il constitue des limites au-delà desquelles les conditions normales d'exploitation ne sont plus satisfaites sans qu'il y est ruine. Il est caractérisé par :

- État limite d'ouverture de fissures : risque d'ouverture de fissures (contraintes admissibles).
- État limite de compression du béton : volontairement la contrainte de compression est limitée à une valeur raisonnable.
- État limite de déformation : flèche maximale.

L'état limite de service atteint remet en cause l'aptitude au service de la structure (fissures, fuites, désordres divers). En revanche, la sécurité (c'est à dire sa résistance) n'est pas remise en cause.

Combinaison des charges :



Pour une situation donnée (transitoire ou accidentelle), il convient de rechercher les combinaisons d'action les plus dangereuses. Car la sécurité une fois assurée pour celle-ci le sera pour toutes les autres.

Trois types de combinaisons sont à considérer :

- Combinaisons fondamentales (*ELU*)*.
- Combinaisons accidentelles (*ELU*)*.
- Combinaisons rares (*ELS*)*.

En fonction des situations qu'une construction va connaître, nous allons être obligé de superposer les effets de plusieurs actions. Pour cela :

- Nous affecterons à chaque type d'actions, un coefficient de sécurité partiel,
- Nous combinerons les actions obtenues (principe de superposition des effets),
- Nous déterminerons la ou les combinaisons qui engendrent les sollicitations les plus défavorables dans les éléments de la construction.

Nous utiliserons les combinaisons avec les notations suivantes :

- G_{\max} : ensemble des actions permanentes défavorables.
- G_{\min} : ensemble des actions permanentes favorables.
- Q_1 : action variable dite de base.
- Q_i : action variable dite d'accompagnement.

Sollicitations :



Ce sont les forces et moments produits par les actions dans les éléments d'une construction telle que : effort normal (N), effort tranchant (T) et moment de flexion (M). Ces actions sont calculées en utilisant les procédés de la résistance des matériaux (RDM)*.

1. Sollicitations de calcul à l'ELU :

D'après le CBA93*, pour déterminer les sollicitations lors des situations durables ou transitoires, la combinaison dite fondamentale à considérer.

$$1.35 G_{max} + G_{min} + \gamma_{Q1} \cdot Q_1 + \sum_{(i=1)}^n (1.3 \Psi_{oi} \cdot Qi)$$

γ_{Q1} = 1.5 dans le cas général,

γ_{Q1} = 1.35 pour la température, les bâtiments agricoles à faible densité d'occupation humaine, charges routières étroitement bornées ou de caractères particuliers.

Ψ_{oi} : Coefficient de pondération des valeurs d'accompagnement, donné à l'annexe C du CBA93*.

Pour déterminer les sollicitations lors d'une situation accidentelle la combinaison à considérer est la **combinaison accidentelle** :

$$G_{max} + G_{min} + FA + \Psi_{11} \cdot Q_1 + \sum_{(i=1)}^n (\Psi_{2i} \cdot Qi)$$

FA : valeur nominale de l'action accidentelle ;

$\Psi_{11} \cdot Q_1$: Valeur fréquente d'une action variable ;

$\Psi_{2i} \cdot Q_i$: Valeur quasi-permanente d'une autre action variable.

Les coefficients Ψ_1 et Ψ_2 sont donnés à l'annexe C du CBA93*.

2. Sollicitations de calcul à l'ELS :

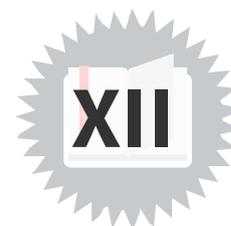
La combinaison d'action à considérer est appelée combinaison rare :

$$G_{max} + G_{min} + Q_1 + \sum_{(i=1)}^n (\Psi_{oi} \cdot Qi)$$

		CF ELS	C.A	
Nature des charges		Ψ_{0i}	Ψ_{1i}	Ψ_{2i}
Charges d'exploitation	Archives	0,90	0,90	0,80
	Parcs de stationnement	0,90	0,75	0,65
	Salles de réunions			
	à places assises	0,77	0,65	0,40
	à places debout	0,77	0,75	0,25
	Salles d'exposition- Halles divers	0,77	0,65	0,25
	Autres locaux	0,77	0,75	0,65
Charges climatiques	Vent (W)	0,77	0,20	0
	Neige (Sn)			
	altitude ≤ 500 m	0,77	0,15	0,00
	altitude > 500 m	0,77	0,30	0,10
	Variation de températures	0,60	0,50	0,00

Tableau 1 : Valeurs des coefficients Ψ_{0i} , Ψ_{1i} , Ψ_{2i}

Actions climatiques :



Les actions climatiques sont l'ensemble des charges agissant sur la structure dont l'origine est liée au climat comme :

- La neige
- Le sable
- Le vent
- La température

L'application de ces derniers peut être périodique (selon les saisons) ou permanente (nature du site).

Les actions climatiques sont données dans le *DTR C2.47/Règle NV2013** et sont classées dans deux groupes d'actions vertical et horizontal

a) charge vertical <neige>

La prise en compte de ces actions peut être ponctuelle ou linéaire, dépend principalement de la région de l'altitude et de la pente des toitures considère <*RNV 2013**>.

b) Charge horizontal<vent>

Le vent est assimilé a des forces statique appliqué à la construction .Ces forces dépendent de la région, du site, de l'altitude, est des dimensions.

Dans cette partie nous allons traiter qu'un seul cas de charge climatique considère prépondérant qui est le " VENT".

1. Actions du vent :

Le vent, agissant sur une structure, engendre une déformée, éventuellement un arrachement d'éléments. Par conséquent, il provoque des efforts sur les différentes parois qu'il rencontre.

L'effet du vent est une action très complexe. Il est donc indispensable de prendre des hypothèses simplificatrices, sans trop s'éloigner des phénomènes réels.

Le vent est une force de la nature qui ne s'applique pas de façon constante sur un bâtiment.

On distingue deux poussées différentes : la pression et la dépression du vent.

Les bâtiments sont classés puis étudiés selon qu'ils sont dans des zones protégées du vent ou dans des zones avec des vents dominants.

A partir d'essais expérimentaux, il a été constaté que les effets du vent dépendent de sa force (pression dynamique en fonction de la vitesse du vent) et de la forme du bâtiment.

Les bâtiments de faible hauteur ne sont pas aussi soumis à la pression du vent que les bâtiments plus élevés. Ceci se vérifie par le calcul.

Cela ne fait qu'environ 120 ans que les ingénieurs ont commencé à étudier les effets et les conséquences du vent et à observer les flux d'air constants afin d'en tenir compte.

Auparavant, les effets du vent ont souvent été sous-estimés. Cette sous-estimation a conduit à la détérioration ou la destruction de bâtiments.

Aujourd'hui, le cas de charge est un élément essentiel dans la conception des bâtiments.

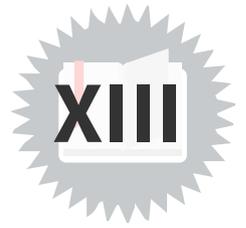
Souvent, il y a une combinaison de la charge du vent et de la neige. Le vent sous la forme d'aspiration ne doit également pas être sous-estimé.

Le but de la prise en compte de la charge du vent est de toute façon de construire des bâtiments résistants aux intempéries et pouvant ainsi servir de refuge.

2. Étapes de calcul :

Pour les étapes de calcul concernant l'action du vent sur les constructions sont détaillées dans l'annexe (1) jointe au cours.

Actions sismiques :



Au vue de l'importance de l'effet de l'action sismique sur un bâtiment, celle-ci est traitée en détail dans le chapitre 04 (Évaluation des Forces Latérales d'Origine Sismique).

Exercice : Question de compréhension

[solution n°4 p. 37]



Comment sont définies les actions dans le contexte de la conception de structures?

- Les forces uniquement
- Les déformations uniquement
- Les charges permanentes et temporaires
- Les éléments esthétiques

Exercice : Question de compréhension

[solution n°5 p. 38]



Quelles sont les trois catégories principales dans lesquelles les actions (ou charges) se divisent?

- Charges permanentes, charges dynamiques, charges saisonnières
- Actions permanentes, actions temporaires, actions accidentelles
- Forces statiques, forces dynamiques, forces climatiques
- Charges primaires, charges secondaires, charges tertiaires

Exercice : Question de compréhension

[solution n°6 p. 38]



Quelles sont les charges variables (Q)?

- Charges climatiques uniquement
- Charges d'exploitation et charges climatiques
- Charges permanentes uniquement
- Forces statiques

Exercice : Question de compréhension

[solution n°7 p. 38]



Que comprennent généralement les charges d'exploitation dans le contexte des structures de génie civil?

- Uniquement le poids propre de la structure
- L'usage normal des occupants, le mobilier, les véhicules, etc.
- Les déformations structurelles
- Les charges permanentes

Exercice : Question de compréhension

[solution n°8 p. 38]



Qu'est-ce qui caractérise l'état limite ultime de résistance d'une structure?

- La structure risque de s'effondrer
- Risque d'ouverture de fissures
- La sécurité n'est plus garantie
- Flèche maximale autorisée

Exercice : Question de compréhension

[solution n°9 p. 39]



Qu'est-ce qui est considéré comme une étape importante dans la conception et le dimensionnement d'une structure?

- L'analyse des matériaux
- L'évaluation des charges et surcharges
- La planification architecturale
- La sélection des couleurs de peinture

Examen Final



"Pouvez-vous résumer les principaux points abordés dans le cours d'aujourd'hui en quelques phrases, en mettant l'accent sur les concepts clés?"

Exercice : Examen Final

[solution n°10 p. 39]



Qu'est-ce qui constitue l'infrastructure d'un pays dans le domaine du génie civil ?

Exercice : Examen Final

[solution n°11 p. 39]



ui sont les professionnels responsables de la conception des bâtiments et de l'établissement des dossiers techniques ?

Exercice : Examen Final

[solution n°12 p. 39]



Quelles sont les conditions principales que les professionnels du bâtiment doivent satisfaire dans l'accomplissement de leurs missions ?

Exercice : Examen Final

[solution n°13 p. 39]



Quel est le rôle des laboratoires dans le domaine du génie civil ?

Exercice : Examen Final

[solution n°14 p. 39]



Quel est le rôle du maître d'œuvre dans un projet de construction ?

Exercice : Examen Final

[solution n°15 p. 40]



Quelles sont les conditions régissant les constructions de génie civil ?

Exercice : Examen Final

[solution n°16 p. 40]



Quels sont les types d'actions climatiques affectant une structure dans le domaine du génie civil ?



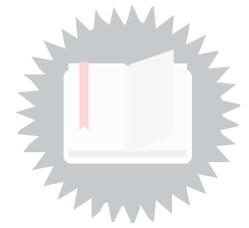
Exercice : Examen Final

[solution n°17 p. 40]



Quelles sont les catégories d'infrastructures définies dans le domaine du génie civil ?

Solutions des exercices



Solution n°1

[exercice p. 7]

Question 1 : Qu'est-ce que le génie civil et quelles sont ses principales branches ?

Le génie civil est une branche de l'ingénierie qui concerne la conception, la construction et l'entretien des infrastructures et des ouvrages tels que les ponts, les routes, les barrages, les bâtiments, etc.

Solution n°2

[exercice p. 8]

Question 2 : Expliquez ce que signifie le terme "structure en béton armé".

Une structure en béton armé est une structure composée de béton renforcé par l'ajout de barres d'acier ou de treillis métalliques pour améliorer sa résistance à la traction et à la flexion.

Solution n°3

[exercice p. 9]

Question 3 : Qu'est-ce que les normes algériennes (NA) et comment sont-elles utilisées dans le domaine du génie civil en Algérie ?

Les normes algériennes sont des spécifications techniques qui définissent les exigences minimales de qualité et de sécurité pour les matériaux de construction et les méthodes de construction en Algérie. Elles sont utilisées pour garantir la conformité des projets aux normes et réglementations en vigueur.

Solution n°4

[exercice p. 22]

Comment sont définies les actions dans le contexte de la conception de structures?

- Les forces uniquement
- Les déformations uniquement
- Les charges permanentes et temporaires
- Les éléments esthétiques

Solution n°5

[exercice p. 23]

Quelles sont les trois catégories principales dans lesquelles les actions (ou charges) se divisent?

- Charges permanentes, charges dynamiques, charges saisonnières
- Actions permanentes, actions temporaires, actions accidentelles
- Forces statiques, forces dynamiques, forces climatiques
- Charges primaires, charges secondaires, charges tertiaires

Solution n°6

[exercice p. 24]

Quelles sont les charges variables (Q)?

- Charges climatiques uniquement
- Charges d'exploitation et charges climatiques
- Charges permanentes uniquement
- Forces statiques

Solution n°7

[exercice p. 25]

Que comprennent généralement les charges d'exploitation dans le contexte des structures de génie civil?

- Uniquement le poids propre de la structure
- L'usage normal des occupants, le mobilier, les véhicules, etc.
- Les déformations structurelles
- Les charges permanentes

Solution n°8

[exercice p. 26]

Qu'est-ce qui caractérise l'état limite ultime de résistance d'une structure?

- La structure risque de s'effondrer
- Risque d'ouverture de fissures
- La sécurité n'est plus garantie
- Flèche maximale autorisée

Solution n°9

[exercice p. 27]

Qu'est-ce qui est considéré comme une étape importante dans la conception et le dimensionnement d'une structure ?

- L'analyse des matériaux
- L'évaluation des charges et surcharges
- La planification architecturale
- La sélection des couleurs de peinture

Solution n°10

[exercice p. 29]

Qu'est-ce qui constitue l'infrastructure d'un pays dans le domaine du génie civil ?

Les ouvrages de génie civil constituent l'infrastructure d'un pays, comprenant notamment les routes, les voies de chemin de fer, les ports, les aéroports, ainsi que les ouvrages d'art tels que les ponts et les tunnels.

Solution n°11

[exercice p. 30]

Qui sont les professionnels responsables de la conception des bâtiments et de l'établissement des dossiers techniques ?

Les architectes et les ingénieurs sont responsables de la conception des bâtiments et de l'établissement des dossiers techniques.

Solution n°12

[exercice p. 31]

Quelles sont les conditions principales que les professionnels du bâtiment doivent satisfaire dans l'accomplissement de leurs missions ?

Les conditions principales que les professionnels du bâtiment doivent satisfaire sont la fonctionnalité, la réalisabilité, l'esthétique, la stabilité, la résistance, l'aptitude au service, l'exploitation, le confort, l'économie, la durabilité et le faible coût d'entretien des bâtiments.

Solution n°13

[exercice p. 32]

Quel est le rôle des laboratoires dans le domaine du génie civil ?

Les laboratoires sont principalement impliqués dans l'effectuation d'études de sol, les tests sur les matériaux tels que le béton et l'acier, ainsi que dans les études de composition des bétons.

Solution n°14

[exercice p. 33]

Quel est le rôle du maître d'œuvre dans un projet de construction ?

Le maître d'œuvre est chargé par le maître d'ouvrage de concevoir et de faire réaliser par les entreprises le projet de construction. Il s'agit d'un bureau d'études possédant les compétences nécessaires pour transformer les besoins du maître d'ouvrage en projet concret.

Solution n°15

[exercice p. 34]

Quelles sont les conditions régissant les constructions de génie civil ?

Les constructions de génie civil sont régies par une réglementation spécifique comprenant des textes législatifs, des documents techniques réglementaires, des normes algériennes et des recommandations.

Solution n°16

[exercice p. 35]

Quels sont les types d'actions climatiques affectant une structure dans le domaine du génie civil ?

Les types d'actions climatiques affectant une structure comprennent notamment la neige, le vent et la température.

Solution n°17

[exercice p. 36]

Quelles sont les catégories d'infrastructures définies dans le domaine du génie civil ?

Les catégories d'infrastructures dans le domaine du génie civil sont : Infrastructure de base (ouvrages de travaux publics), Bâtiments, Ouvrages hydrauliques, Ouvrages particuliers

Abréviations

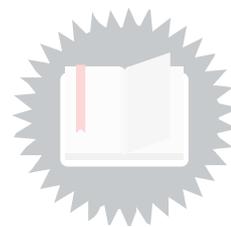


ELS : États-limites de Service

ELU : États-Limites Ultimes

RDM : résistance des matériaux

Bibliographie



Bases de calcul et actions sur les structures

Le Béton armé aux états limites

Règles de conception et de calcul des structures en béton armé

Document Technique Règlementaire. Règlement Neige & Vent