

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement supérieur et de La Recherche
Scientifique

Université : **MOHAMED BOUDIAF M'SILA**

Faculté : **de Technologie**

Département : **Génie Civil**

Option : **structure**

Cours Dynamique des Structures I

Module : Dynamique des Structures I

Option : Structure

Niveau : 1^{ER} Année Master

Présenté par: Dr MENASRI YUCEF

Objectifs de l'enseignement:

L'objectif de ce cours est de présenter les méthodes permettant le calcul et le comportement des structures soumises à des sollicitations dynamiques. L'étude des vibrations de systèmes linéaires, et la réponse d'une structure à un degré de liberté soumise à divers types de chargement (constante, périodique, impulsionnelle), en vue de maîtriser la conception des ouvrages soumis à des chargements dynamiques.

Contenu de la matière:

Chapitre : 1 Introduction et généralistes **(3 semaines)**

- Définition d'un problème dynamique

(Chargement dynamique, Structure ou système dynamique, Degré de liberté d'un système, Coordonnées généralisées)

- Procédure générale d'une analyse dynamique

(Modélisation en dynamique, Formulation de l'équation de mouvement, Résolution des équations différentielles du mouvement, Interprétation et exploitation des résultats)

Chapitre 2 : Systèmes à un seul degré de liberté **(6 semaines)**

- Formulation de l'équation de mouvement

- Vibrations libres

(Vibrations libres non-amorties, Vibrations libres amorties, Le décrétement logarithmique)

- Vibrations Forcées

(Excitation harmonique, Excitation impulsive, Excitation dynamique quelconque)

- Réponse au mouvement d'un support

(Excitation harmonique du support, Excitation sismique du support)

- Spectre de réponse

Chapitre 3 : Systèmes à plusieurs degrés de liberté **(6 semaines)**

- Formulation des équations de mouvement

- Evaluation des matrices $[M]$, $[K]$, $[C]$ et vecteur de force $\{P\}$

(Matrice de rigidité $[K]$, Matrice de masse $[M]$, Matrice d'amortissement $[C]$, Vecteur des forces extérieures $\{P\}$)

Chapitre 1

Introduction et généralistes

1. Introduction

La dynamique des structures constitue une connaissance de base essentielle pour l'ingénieur en génie civil. En plus de son application évidente pour le génie parasismique, la tendance à construire des structures toujours plus légères et élancées va encore accentuer à l'avenir l'importance de cette branche dans l'activité de l'ingénieur spécialiste des structures.

Définitions

Dans les problèmes traités dans le cadre de la mécanique statique des solides et des structures, on suppose que le chargement impose (déplacement, efforts, température, ...) passe progressivement de sa valeur initiale à sa valeur finale faisant ainsi passer le milieu sollicité d'une configuration initiale à sa configuration finale. Les paramètres à calculer (contraintes, déformations, déplacements, réactions, ...) sont relatifs à l'état final fixe et par conséquent ne dépendent pas du temps. Dans le cadre de la dynamique au contraire les chargements imposés, ainsi que les propriétés géométriques et matériaux, peuvent varier dans le temps. De plus, même dans la configuration initiale le milieu peut être caractérisé par des fonctions du temps. Les paramètres à calculer sont donc également des fonctions du temps, et de nouvelles grandeurs apparaissent pour caractériser le mouvement, c'est-à-dire la variation de configuration dans le temps. Ce sont les paramètres cinématiques tels que les vitesses, les accélérations, les fréquences, ... qui n'existent pas dans le cas de la statique.

Degrés de liberté

Le nombre de degrés de liberté est défini comme étant le nombre minimum de coordonnées permettant de décrire les oscillations de la structure considérée. Généralement, les structures peuvent être modélisées en considérant que les masses sont concentrées dans quelques éléments particuliers, comme les dalles d'étage des bâtiments, par exemple. Dans ce cas, le nombre de degrés de liberté par direction principale est égal au nombre d'étages. En effet, la connaissance des déplacements horizontaux de chaque étage permet de décrire les oscillations du bâtiment. Sur la figure 1.1 par exemple, les deux structures possèdent deux degrés de liberté. Les déplacements horizontaux des deux masses sont repérés par les coordonnées x_1 et x_2 . Le système de coordonnées est le système usuel avec l'axe x horizontal dirigé positivement de gauche à droite[.1]

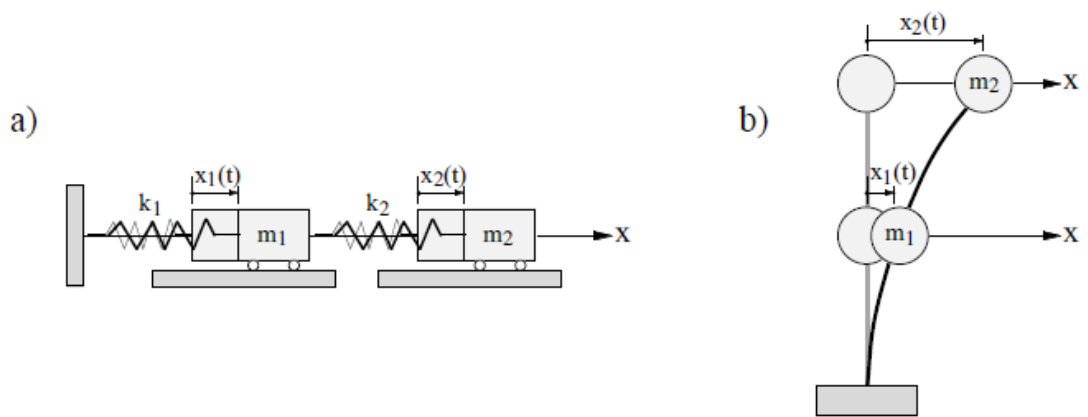


Figure 1.1: Deux exemples de structures à deux degrés de liberté. Les oscillations sont décrites par le déplacement horizontal des masses. Les coordonnées x_1 et x_2 sont repérées sur l'axe horizontal (positives de gauche à droite)[.1]

Types de mouvements oscillatoires

Le comportement dynamique d'une structure est caractérisé par un régime oscillatoire dépendant de la rigidité, de la masse et de l'amortissement. Les différents types de régime de mouvement oscillatoire sont le régime harmonique, le régime périodique et le régime transitoire. Figure 1.1: Deux exemples de structures à deux degrés de liberté. Les oscillations sont décrites par le déplacement horizontal des masses. Les coordonnées x_1 et x_2 sont repérées sur l'axe horizontal .

On distingue deux grandes classes de chargements, ils sont périodiques ' ou bien non périodiques '. Le schéma ci-dessous (figure 1.1.1) représente les divers cas de chargements possibles[.2]

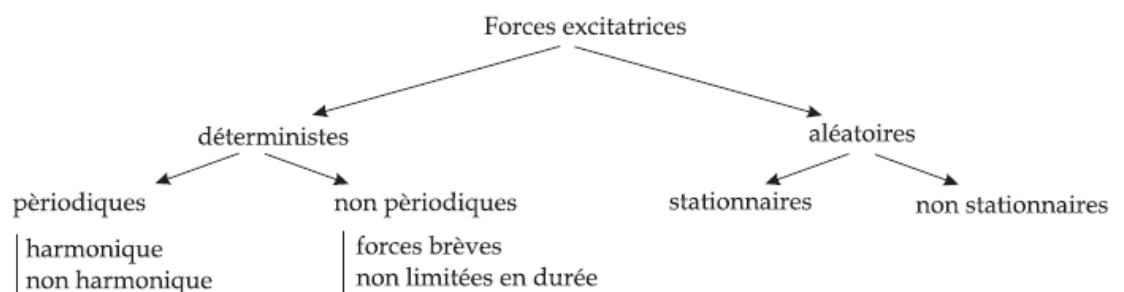


FIGURE 1.1.1 – Différents types de chargements possibles

Régime harmonique

Le régime harmonique est le mouvement oscillatoire de base. Comme l'illustre la figure 1.2, il décrit des mouvements oscillatoires (de type sinusoïdaux) au voisinage d'une position d'équilibre stable, par exemple les vibrations induites par une machine.

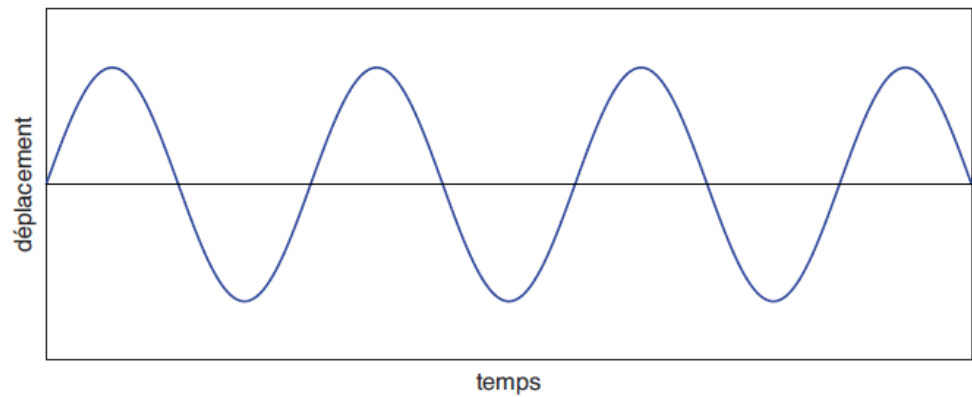


Figure 1.2: Régime harmonique

Régime périodique

Le régime périodique est un mouvement oscillatoire qui se répète à intervalles réguliers. Comme l'illustre la figure 1.3, il décrit des mouvements répétitifs, par exemple les vibrations induites par un piéton sautant sur une passerelle.

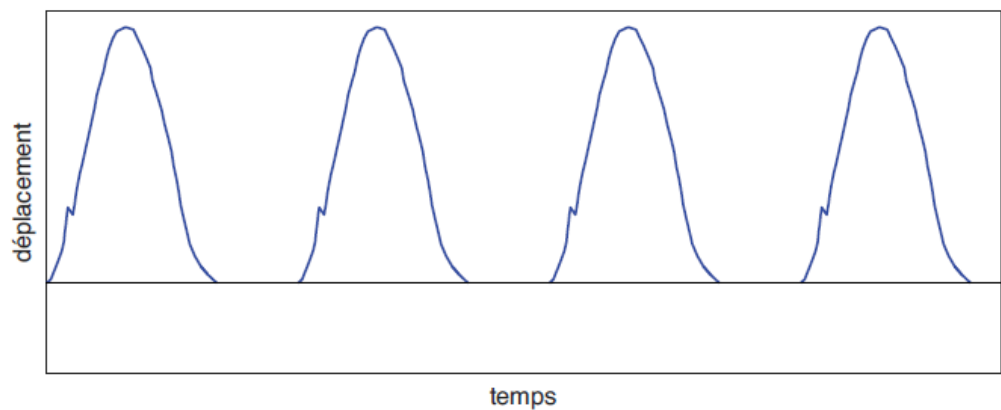


Figure 1.3: Régime périodique

Régime transitoire

Le régime transitoire est un mouvement oscillatoire quelconque. Comme l'illustre la figure 1.4, il décrit des mouvements à caractère aléatoire, par exemple les vibrations induites par le trafic, le vent ou un séisme[.1]

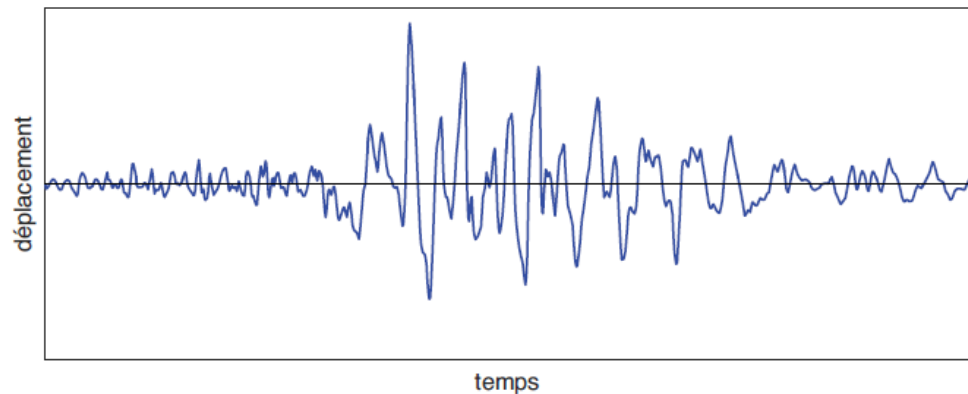


Figure 1.4: Régime transitoire

Paramètres et hypothèses

Masse

Dynamiquement, les masses engendrent des forces d'inertie qui font osciller la structure. Selon la figure 1.1, elles peuvent habituellement être considérées comme concentrées en un certain nombre de points de la structure. Dans le cas où la masse est répartie plus uniformément, il est possible de simplifier l'analyse à un oscillateur simple équivalent (c.f. chapitre 3). Une alternative consiste à subdiviser artificiellement la structure et à concentrer les masses de chaque subdivision au milieu du segment.

Rigidité

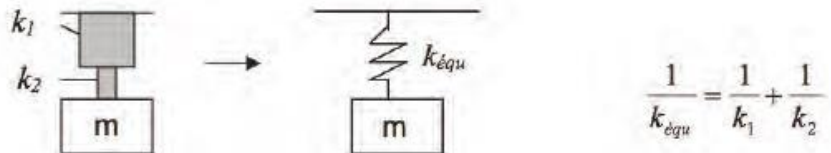
La rigidité est associée aux forces de rappel exercées sur les masses par les éléments stabilisateurs d'une structure en fonction des déplacements de celle-ci. Dans le cas linéaire, ces forces sont directement proportionnelles aux déplacements. La constante de proportionnalité est la rigidité (k), horizontale ou verticale. Conformément à la figure 1.1a, la rigidité est habituellement représentée schématiquement par des ressorts. Pour un système composé de plusieurs ressorts, on peut déterminer une rigidité équivalente. La figure 1.5 présente les cas de base de ressorts disposés en série et en parallèle avec les rigidités équivalentes associées ($k_{\text{équ}}$). Notons que la représentation graphique peut être trompeuse, car l'analogie électrique est un système de condensateurs et non un système de résistances. Avec des structures plus complexes, il faut se référer aux méthodes habituelles de la mécanique des structures pour déterminer la rigidité équivalente [1.4]. Remarquons finalement que les ressorts sont admis sans masse.

Amortissement

L'amortissement regroupe les phénomènes qui atténuent l'amplitude des oscillations au cours du mouvement. Bien que son essence réelle soit

beaucoup plus complexe, l'amortissement est habituellement grossièrement représenté par un amortissement de type visqueux. L'intensité de la force correspondante est alors proportionnelle à la vitesse. Cette modélisation est en fait essentiellement justifiée par les avantages analytiques (simplicité de formulation et de résolution) qu'elle procure[.1]

a) Système (de ressorts) en série :



b) Système (de ressorts) en parallèle :

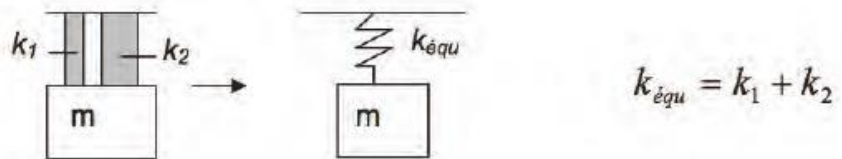


Figure 1.5: Systèmes de ressorts en série (a) et en parallèle (b). [1.3]