

**UNIVERSITE KASDI MARBAH OUARGLA**

**Faculté des Sciences et de la Technologie et Science de la matière**

**Département de Génie mécanique**



**MASTER PROFESSIONNELLE**

**Domaine Sciences et Technologie**

**Filière Génie mécanique**

**Spécialité maintenance industrielle**

**Présenté Par :**

**HADJ DJILANI AZZEDINE**

**Thème**

**Modélisation du bruit d'impact sur les  
planchers léger**

**Soutenu : 26 /06/2013**

**Devant le jury:**

**BENTALEB.F**

**Président**

**UMK Ouargla**

**BOUAKBA.M**

**Examineur**

**UMK Ouargla**

**GHERFI.Abdelhafid**

**Rapporteur**

**UMK Ouargla**

**Année Universitaire : 2012 /2013**

## Remerciement

نتوجه بجزيل الشكر والامتنان إلى كل من ساعدنا من قريب أو من بعيد على انجاز هذا العمل ، ونخص بالذكر الأستاذ المشرف **قرفي عبد الحفيظ** الذي لم يبخل علينا بتوجيهاته ونصائحه القيمة التي كانت عوناً لنا في إتمام هذا العمل .

ولا يفوتنا أن نشكر كل موظفي وطلبة جامعة قاصدي مرباح كما نتقدم بالشكر إلى عمال المكتبة .

---

**SOMMAIRE**

<b>INTRODUCTION GENERALE.....</b>	<b>01</b>
<b>CHAPITRE I</b>	
<b>INFLUENCE DU BRUIT D'IMPACT SUR LES PLANCHERS LEGER</b>	
I.1.Introduction.....	02
I.2.Le bruit et le son.....	02
I.2.1 Caractéristiques d'un bruit.....	02
I.2.1.1. La fréquence.....	02
I.2.1.2. Le niveau sonore.....	03
I.2.1.3. Le spectre du bruit.....	03
I.3. Sources et types de bruits.....	04
I.3.1.Les bruits aériens et les transmissions latérales .....	04
I.3.1.1.Bruits aériens extérieurs.....	04
I.3.1.2.Bruits aériens intérieurs .....	04
I.3.2.Bruit d'impact et sa transmission .....	05
I.3.2.1.La transmission des bruits d'impact .....	05
I.3.3.Le bruit des équipements .....	06
I.4.Les planchers .....	06
I.4.1.Rôles structural .....	06
I.4.2.Plancher lourd .....	08
I.4.2.1.Construction mixte acier – béton.....	08
I.4.3.Les planchers légers.....	08
I.4.3.1.Les planchers en bois .....	08
I.5. Nuisance du bruit d'impact dans les immeubles d'habitation .....	09
I.5.1. Les bruits de voisinage.....	09
I.5.2. Réglementation concernant les bruits de voisinage .....	09
I.6.Méthode appropriée pour minimiser le bruit .....	10
I.6.1.Isolation contre le bruit d'impact .....	10
I.6.1.1. Matériau résilient sur le plancher.....	10
I.6.1.2. Matériau Résilient Sous Dalle Flottante .....	11
I.6.1.3. Les Plafonds Suspendus .....	11

I.6.2. Isolation du Bruit Aérien.....	12
I.6.3. Les bruits d'équipements .....	13
I.6.3.1. Canalisations .....	13
I.6.3.2. Les groupes vibrants .....	13
I.6.3.3. Les machines tournantes .....	13
I.7. Conclusion.....	14

## CHAPITRE II

### MODELISATION MATHEMATIQUE DU BRUIT D'IMPACT

II.1. Introduction .....	15
II.2. Le piéton.....	15
II.2.1. Résultats expérimentaux des études réalisées sur la marche.....	15
II.2.2. Observations sur la marche.....	15
II.2.3. Périodicité et fréquences.....	16
II.2.4. Forces engendrées par la marche d'un piéton.....	16
II.2.4.1. La force verticale.....	17
II.2.4.2. La force normale au mouvement du piéton.....	17
II.2.4.3. La force tangente au mouvement du piéton.....	19
II.2.5. Relations entre les différents paramètres.....	20
II.2.6. Autres mouvements .....	20
II.2.6.1. La course .....	20
II.2.6.2. Le saut .....	21
II.2.6.3. Le balancement .....	21
II.2.6.4. Le rebondissement .....	21
II.3. Modélisation du piéton et mise en équations .....	21

II.3.1. 1 <sup>ère</sup> catégorie .....	21
II.3.2. 2 <sup>ème</sup> catégorie .....	22
II.3.3. 3 <sup>ème</sup> catégorie.....	23
II.3.4. La force vertical.....	23
II.3.5. La force normale au mouvement du piéton .....	25
II.3.6. La force tangente au mouvement du piéton.....	25
II.4. Conclusion .....	26

### **CHAPITRE III**

#### **MODELISATION DE LA MARCHE**

III.1. Introduction.....	27
III.2. Classification des vibrations .....	27
III.3. Modélisation mathématique des vibrations d'impact .....	28
III.3.1. Analyse de Fourier .....	28
III.3.2. Description du modèle .....	28
III.3.3. Excitation latérale du piéton sur un plancher.....	30
III.3.4. L'analyse de Fourier de la force latéral du piéton.....	31
III.4. L'étude de la force latérale du piéton comme une fonction de déplacement et de vitesse ..	35
<b>CONCLUSION GENERAL .....</b>	<b>39</b>

---

**liste des tableaux**

Tableau (I-1):Ordre de grandeur de la pression acoustique [1].....03

Tableau (I-2):Valeurs auxquelles s'ajoute un terme correctif suivant la durée cumulée du  
Bruit.....09

Tableau (II-1): La Fréquence de marche [5]..... 16

Tableau (II-2): Les coefficients de Fourier pour la force verticale engendrée par la  
marche[5]..... 24

Tableau (II-3): Les coefficients de Fourier pour la force normale engendrée par la  
marche[5]..... 25

Tableau (II-4):Les coefficients de Fourier pour la force tangente engendrée par la  
marche(DLFs)[5] ..... 26

Tableau (III-1):Masses et la tailles des 12 piétons impliqués dans les tests. [10] ..... 33

Tableau (III-2):Le piéton "2", l'analyse de série de Fourier de la force latérale : la fréquence,  
les coefficients de Fourier et les différences de phase des harmoniques de l'ordre 1 à 9, à de  
différentes vitesses de marche[10] ..... 33

Tableau (III-3):les analyses de Fourier des 12 piétons suivant différentes amplitudes,  
fréquences, phases et quatre différentes vitesses de marche[10] ..... 34

## Liste des figures

Figure (I-1) : Le bruit.....	02
Figure (I-2) : Le spectre du bruit .....	03
Figure (I-3) : Différent types bruits .....	04
Figure (I-4) : Transmission des bruits aériens .....	05
Figure (I-5) : Transmission des bruits d'impact.....	06
Figure (I-6) : Transmission des charges verticales aux mur et poteaux par le plancher.....	07
Figure (I-7) : Répartition des charges horizontales aux éléments de contreventement par le plancher.....	07
Figure ( I-8) plancher mixte acier – béton .....	08
Figure ( I-9): solivage en bois lamellé-collé.....	08
Figure (I-10) : solivage en bois massif .....	08
Figure (I-11) : Cas de revêtement de sol.....	10
Figure (I-12) : Cas de dalle flottante.....	11
Figure (I-13) : Cas du faux plafond .....	12
Figure (I-14) : Système « masse-ressort-masse » .....	12
Figure (II-1) : Distribution normale de la fréquence d'après Matsumoto et al [5].....	17
Figure (II-2) : Courbes typiques de la force pour la marche d'après [5] : (a) composante verticale, (b) composante normale à la direction de mouvement du piéton, (c) composante tangentielle à la direction de mouvement du piéton .....	18
Figure (II-3) : Marche périodique d'après [5] : (a) composante verticale, (b) composante normale à la direction de mouvement du piéton, (c) composante tangentielle à la direction de mouvement piéton.....	19
Figure (II-4) : Relation entre la longueur du pas, la vitesse, la force maximale et le temps de contact pour différentes fréquences de mouvement d'après .....	20
Figure (II-5) : Deux représentations du corps humain : (a) représentation du modèle de marche 2D de McGeer [6], (b,c,d) représentation du modèle de marche 3D [7] .....	22
Figure (II-6) : Représentation du piéton : (a) [8], (b) [9] .....	22
Figure (II-7) Représentation du piéton : (a) [5], (b) [5].....	22

Figure (II-8) : Schéma du système à un DDL modéliser le mouvement latéral d'un piéton .....	23
Figure (III-1) : Schéma du système à un DDL modélisant le mouvement latéral d'un piéton.....	29
Figure (III-2) : évolution de la force en fonction du temps résultats expérimentales d'après [10].....	31
Figure (III-3) : évolution de la force en fonction du temps résultats numériques .....	34
Figure (III-4) : Evolution de l'accélération, la vitesse et le déplacement suivant deux vitesses de marches $v=4.5, 6.0$ km/h.....	36
Figure (III-5) : Evolution de la force en fonction de la fréquence.....	37
Figure (III-6) : Evolution de la force ,la vitesse et l'accélération en fonction de plusieurs vitesses de marche $v=3.75, 4.5, 5.25, 6.0$ km/h.....	38

## Nomenclature

$L_p$	Niveau de pression	$dB$
$P_{\text{eff}}$	pression efficace acoustique	$Pa$
$P_0$	Pression de référence	$Pa$
$\underline{F}_{\text{pd}}$	La force de pied droit	$N$
$\underline{F}_{\text{pg}}$	La force de pied gauche	$N$
$P$	Est le poids de la personne	$N$
$i$	Est le numéro de l'harmonique	
$n$	Est le nombre total d'harmoniques qui contribuent à la force	
$a_i$	Est le coefficient de Fourier de l'i-ème harmonique	
$f_p$	Est la fréquence de marche du piéton	$Hz$
$\phi_i^0$	Est la phase de l'i-ème harmonique pour un développement en sinus	$rad$
$F_N$	La force normale	$N$
$F_T$	La force tangente	$N$
$F_V$	La force verticale	$N$
$C_k$	Est le coefficient de Fourier du k-ème harmonique.	$N$
$C_{2k-1}$	Est le coefficient de Fourier du k-ème harmonique	$N$
$f$	Est la fréquence de marche du piéton	$Hz$
$\Delta\phi_{1,2k-1}$	Est la phase du k-ème harmonique	$rad$
$\ddot{u}_y(t)$	Est l'accélération latérale	$m/s^2$
$F_y(t)$	Est la force latérale appliquée par le piéton sur le plancher	$N$
$u_y(t)$	Est le déplacement latéral de piéton	$m$
$l_0$	Est la longueur de pas moyenne d'un piéton	$m$
$\dot{u}_y(t)$	Est la vitesse latérale de piéton	$m/s$

$m$	La Masse	$Kg$
$vx$	La vitesse de marche	$Km/h$

## **Introduction générale**

Les bruits d'impact ont pour origine un choc ou une vibration : déplacement de personnes (talons) ou de meubles. Les bruits d'impact ou bruit solidiens ou encore bruits de choc sont transmis par mise en vibration de la structure et des parois du bâtiment (planchers ou murs) et par les parois latérales. L'origine mécanique de la mise en vibration de la paroi peut conduire à des transmissions du bruit également très importantes vers la totalité des parois du bâtiment. Tout dépend de la nature des parois et de leur mode constructif. Le Centre National des Etudes et de Recherche Intégrée au Bâtiment a élaboré un document technique réglementaire DTR C3.1.1 pour le calcul d'un isolement acoustique d'une habitation, mais il ne donne pas des exigences précises pour le bruit d'impact et les techniques qui assurent le confort vibratoire. Une recherche bibliographique montre que la modélisation des phénomènes vibro-acoustique s'avère difficile et peut de travaux dans la littérature qui traitent le sujet d'une manière rigoureuse.

Dans le cas des bruits d'impact, le niveau sonore régnant dans le local de réception est lié à la quantité d'énergie directement transmise dans le matériau. Cette énergie étant difficilement mesurable, l'évaluation des performances des planchers est effectuée à l'aide d'une machine à choc normalisée. L'utilisation de cet appareil étant généralisée, la mesure du niveau sonore régnant dans le local de réception est suffisante pour caractériser l'efficacité des planchers.

Dans le premier chapitre nous présentons une étude bibliographique sur le bruit, les différents types du bruit, les planchers, nuisance du bruit d'impact et les méthodes appropriées pour l'isolation acoustique.

Le deuxième chapitre est consacré à l'étude de la marche. Nous avons regroupé les informations les plus importantes concernant la marche d'un piéton, son comportement et la force qu'il exerce sur le plancher.

Dans le troisième chapitre nous présentons un modèle mathématique basé sur les séries de Fourier qui résout l'interaction des vibrations due aux déplacements des occupants sur un plancher léger et les énergies rayonnées.

## I.1. Introduction

Dans ce chapitre, On va présenter quelques définitions sur le bruit et ces différents types (bruit aérien, bruit d'impact et bruit d'équipement), les planchers légers, la nuisance du bruit sur les immeubles d'habitation puis les méthodes approprié pour minimiser le bruit.

## I.2. Le bruit et le son

Le son est une sensation auditive produite par une variation rapide de la pression de l'air.

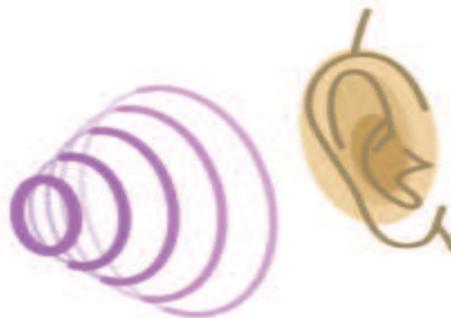
Physiquement, un bruit se compose d'un ensemble de sons.

Physiologiquement, un bruit est le plus souvent associé à une gêne [1].

## 2.1. Caractéristiques d'un bruit

Le bruit est caractérisé par :

- Une émission sonore vibrante dans le milieu ambiant (tout milieu possédant une masse et une élasticité: air, eau, bois et verre sauf le vide) et selon des vitesses (m/s) propres à chaque milieu.
- Une réception : l'oreille constitue le seul organe sensoriel qui reste en éveil en permanence.



*Figure I- 1: Le bruit*

### 2.1.1. La fréquence

Le son est caractérisé par une fréquence, nombre de fluctuations de la pression par seconde. Cette fréquence est exprimée en hertz ( $Hz$  ou  $s^{-1}$ ). L'oreille humaine est sensible à des sons compris entre 20 et 20 000  $Hz$  [1].

### 2.1.2. Le niveau sonore

Un niveau de pression ( $L_p$ ) en dB quantifie l'amplitude d'un son.

La pression acoustique s'exprime en pascal (Pa). Cependant l'oreille humaine, récepteur ultrasensible, détecte les sons dont l'amplitude varie de  $2 \cdot 10^{-5}$  à 20 Pa. L'utilisation d'une échelle logarithmique, exprimée en dB, permet de réduire cette échelle étendue de pression [1].

$$L_p = 20 \log \left( \frac{P_{eff}}{P_0} \right) \text{ en dB} \quad (I.1)$$

Où :

$P_{eff}$  : pression efficace acoustique en Pa,

$P_0$  : pression de référence ( $2 \cdot 10^{-5}$ ) en Pa.

1 Pascal (1 Pa = 1/100 000 de la pression atmosphérique).

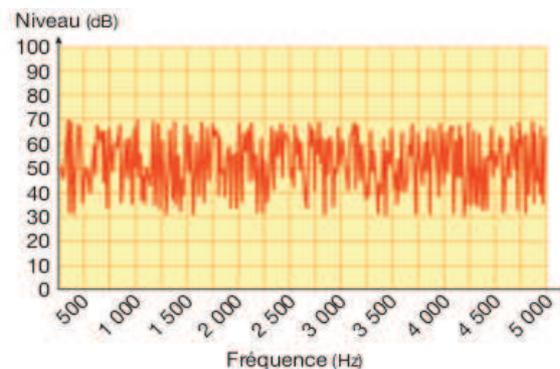
**Tableau I- 1:** Ordre de grandeur de la pression acoustique [1]

Pression en Pa	Niveau sonore en dB
20	120
0.2	100
0.02	80
0.002	60

### 2.1.3. Le spectre du bruit

Le spectre est la représentation des niveaux en fonction de la fréquence. Le bruit est la superposition de sons de niveaux et de fréquences différents [1].

Le niveau de bruit, exprimé en dB pour chaque fréquence, représente le spectre du bruit voir figure. 2



**Figure I- 2:** Le spectre du bruit

### I.3. Sources et types de bruits

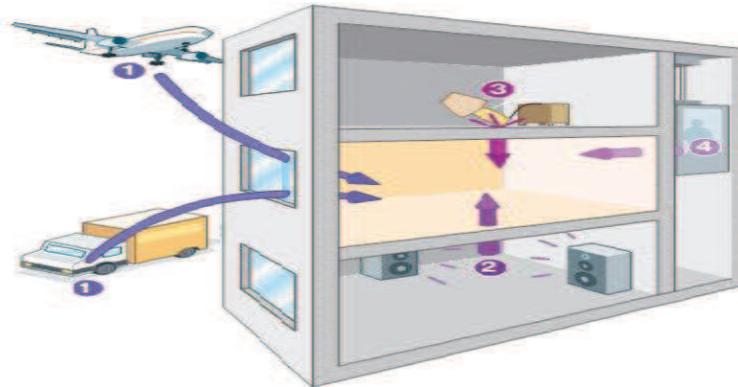


Figure I- 3: Différent types bruits

- ① Bruits aériens extérieurs ;
- ② Bruits aériens intérieurs ;
- ③ Bruits de chocs ;
- ④ Bruits d'équipement.

Ils sont émis par les appareils et installations situés dans ou hors du local récepteur [1].

#### 3.1. Les bruits aériens et les transmissions latérales

Les bruits aériens ont pour origines les vibrations de l'air qui se transmet à nos oreilles.

##### 3.1.1. Bruits aériens extérieurs

Les bruits aériens extérieurs sont dus généralement au trafic routier, ferroviaire ou aérien...etc. ils sont émis à l'extérieur de l'immeuble, se propagent dans l'air et mettent en vibration des parois.

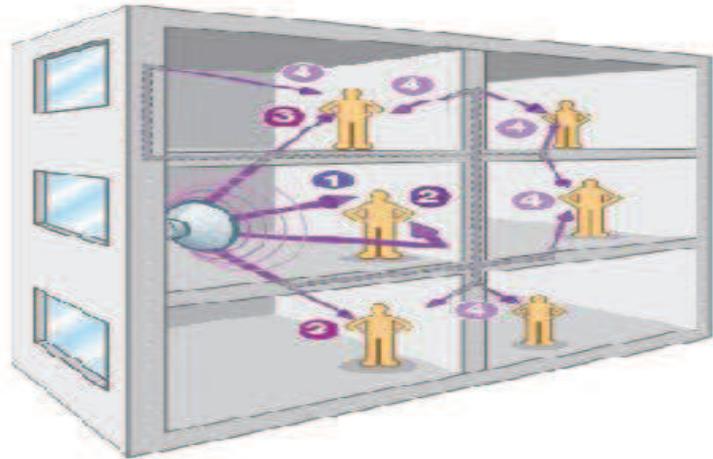
##### 3.1.2. Bruits aériens intérieurs

Les bruits aériens intérieurs sont dus généralement aux conversations, à la musique, à la télévision...etc. Ils sont émis dans un local, se propagent dans l'air et mettent en vibration des parois.

Lorsqu'un son rencontre une paroi homogène, l'énergie sonore est répartie de différentes manières, voir figure. 4 :

- la plus grande partie est réfléchi à l'intérieur du local d'émission, c'est ce qui caractérise l'effet de réverbération dans le local où sont réfléchies les ondes ;

- Une plus petite partie est transmise à l'autre côté de la paroi ;
- Une dernière partie est dissipée dans la paroi



*Figure I- 4: Transmission des bruits aériens*

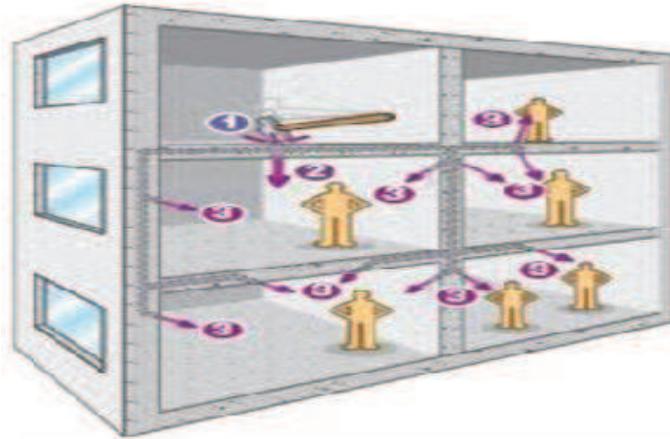
- ① Champ acoustique direct ;
- ② Champ acoustique réverbéré ;
- ③ Transmission acoustique aérienne directe ;
- ④ Transmission acoustique d'un bruit aérien par une paroi latérale.

### 3.2. Bruit d'impact et sa transmission

Les bruits d'impact ont pour origine un choc ou une vibration qui a pour origine les déplacements des personnes (talons) ou des meubles et les chutes d'objets. Les bruits d'impact ou bruits solidiens ou encore bruits de choc sont transmis par mise en vibration de la structure des parois du bâtiment (planchers ou murs) et des parois latérales [1].

#### 3.2.1. La transmission des bruits d'impact

Différentes sources sonores peuvent être à l'origine des bruits d'impact (personnes marchantes sur un parquet, équipements...etc.). Comme pour les bruits aériens, la transmission directe au travers des planchers se révèle souvent la plus courante. L'origine mécanique de la mise en vibration de la paroi peut conduire à des transmissions du bruit également très importantes vers la totalité des parois du bâtiment. Tout dépend de la nature des parois et de leur mode constructif, pour les parois homogènes (par exemple planchers et murs en béton), les transmissions latérales peuvent occasionner une perte d'isolement d'environ 5dB [1] voir figure 5.



*Figure I- 5: Transmission des bruits d'impact*

- ① Bruit d'impact ;
- ② Rémission direct d'un bruit d'impact ;
- ③ Transmissions d'un bruit d'impact par les parois latérales.

### 3.3. Le bruit des équipements

L'acoustique des équipements comporte trois aspects :

- le bruit de l'équipement (intensité et spectre) ;
- le bruit provoqué par la liaison entre l'équipement et le support ;
- le bruit rayonné par les conduites hydrauliques ou aérauliques.

Les équipements tels que les outils de procédés industriels, les appareils de chauffage, de ventilation, de refroidissement d'air ou d'eau peuvent être situés à l'extérieur ou à l'intérieur du bâtiment.

## I.4. Les planchers

Les planchers sont des éléments plans porteurs horizontaux, ils prennent appui sur les éléments porteurs verticaux (poteaux ou murs) ou encore sur les poutres [2]. Les planchers assurent deux rôles essentiels dans un bâtiment.

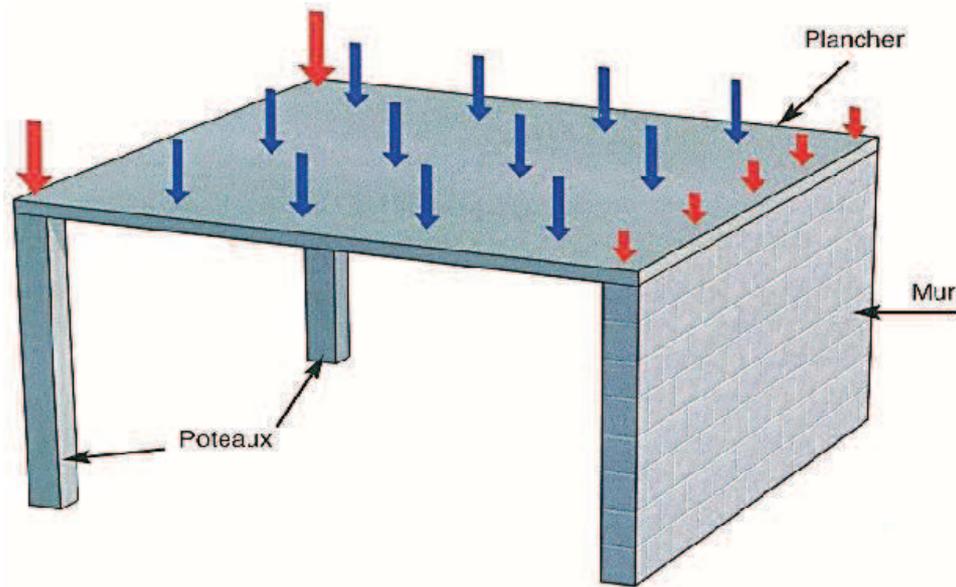
### 4.1. Rôles structural

Ils transmettent les charges verticales aux murs, poutres poteaux, et assurent la répartition des charges horizontales entre les éléments de contreventement. Ils permettent aussi d'ancrer les balcons en béton armé figure 6,7.

Ils constituent un support rigide et stable pour les revêtements appliqués [2]:

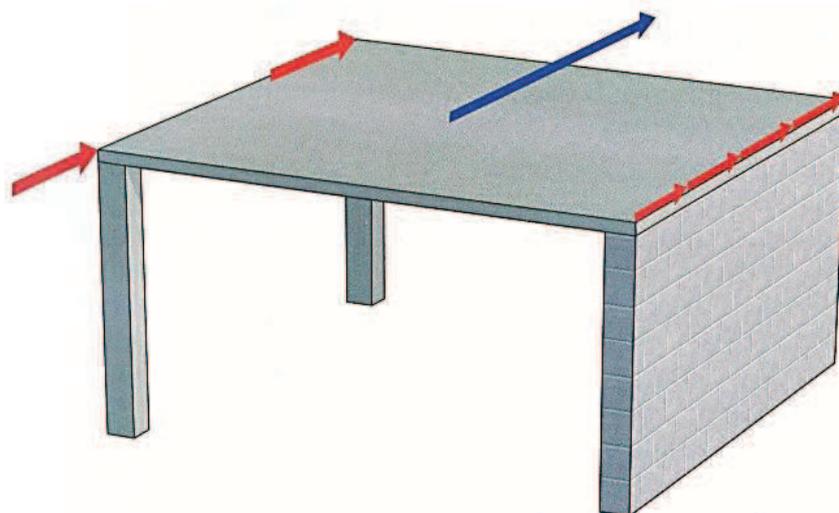
- en face supérieure (carrelages, moquettes,...etc);

➤ en face inférieure (enduits, plafonds suspendus,...etc).



**Figure I- 6:** Transmission des charges verticales aux mur et poteaux par le plancher

- ↓ Charge verticales appliquées sur le plancher ;
- ↓ Charge transmise aux poteaux et au mur, par le plancher.



**Figure I- 7:** Répartition des charges horizontales aux éléments de contreventement par le plancher

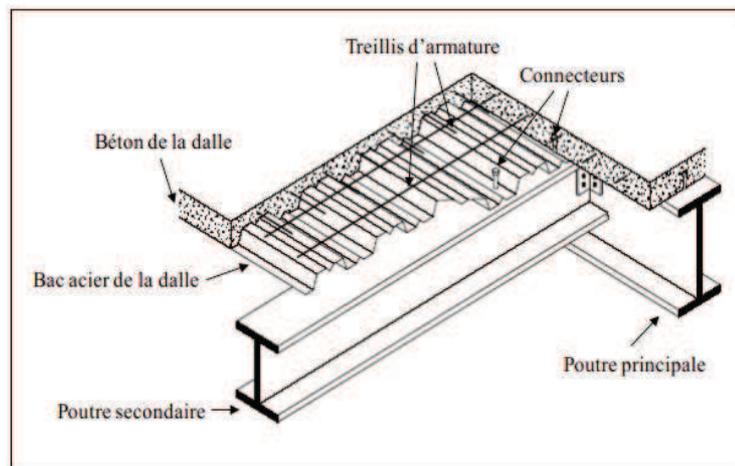
- ↗ Charge horizontal appliquée au plancher ;
- ↗ Charges horizontales transmises aux éléments de contreventement par le plancher.

## 4.2. Plancher lourd

### 4.2.1. Construction mixte acier – béton

Une structure est dite mixte lorsque ses différents éléments sont constitués de plusieurs matériaux. Par exemple, un profilé en acier peut être partiellement ou totalement enrobé de béton armé, formant ainsi un poteau ou une poutre mixte acier-béton. Il existe également dans la construction des planchers composés de poutres en acier connectées à des dalles en béton armé. Ce type de construction permet de tirer profit de chacun des matériaux tout en compensant leurs points faibles.

L'association d'une poutre métallique à une dalle en béton armé permet alors d'augmenter l'inertie de la section globale considérée, pour former une poutre mixte, Voir figure 8 [3].



*Figure I- 8:plancher mixte acier – béton*

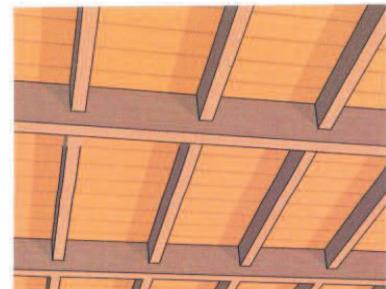
## 4.3. Les planchers légers

### 4.3.1. Les planchers en bois

Les planchers en bois sont constitués de solives posées sur des poutres ou sur des murs [3]. Ces solives reçoivent directement le platelage du plancher constitué le plus souvent de panneau en contre-plaqué ou à particules, ou encore des planches.



*Figure I- 10:solivage en bois massif*



*Figure I- 9:solivage en bois lamellé-collé*

## I.5. Nuisance du bruit d'impact dans les immeubles d'habitation

### 5.1. Les bruits de voisinage

La notion de bruits de voisinage englobe tous les bruits :

- liés au comportement d'une personne ou d'une chose dont une personne à la garde ou d'un animal placé sous sa responsabilité (cris d'animaux, appareils de musique, travaux de bricolage, de jardinage, appareils électroménagers, jeux bruyants, pétards, fêtes...etc.) ;
- liés à une activité professionnelle, sportive, culturelle ou de loisirs, qui ne nécessite pas une autorisation spéciale ;
- liés aux chantiers.

Les bruits de voisinage sont par principe interdits, de jour comme de nuit et peuvent être sanctionnés, ils portent atteinte de manière anormale, à la tranquillité du voisinage ou à la santé de l'homme.

### 5.2. Réglementation concernant les bruits de voisinage

Ils sont actuellement régis par le décret du 18 avril 1995 qui donne comme valeurs d'émergence (différence entre le bruit total, et le bruit de fond sans le bruit perturbateur) à ne pas dépasser :

- 5 dB en période diurne (de 7 h à 22 h) ;
- 3 dB en période nocturne (de 22 h à 7 h).

**Tableau I- 2:** Valeurs auxquelles s'ajoute un terme correctif suivant la durée cumulée du bruit

Durée cumulée d'apparition du bruit perturbateur : T	Terme correctif en dB(A)
30 secondes à 1 minute	9
1 minute à 2 minutes	8
2 minutes à 5 minutes	7
5 minutes à 10 minutes	6
10 minutes à 20 minutes	5
20 minutes à 45 minutes	4
45 minutes à 2 heures	3
2 minutes à 4 heures	2
4 minutes à 8 heures	1
supérieur à 8 heures	0

Autrement dit, et en l'absence d'autre réglementation spécifique, un bruit perturbateur continu, ne peut dépasser de 5 dB le bruit ambiant le jour. si ce bruit ne dure qu'entre 10 et 20 minutes (entre 7h et 22h)[4].

## I.6. Méthode appropriée pour minimiser le bruit

La fonction d'isolation acoustique d'un plancher est essentiellement liée à sa masse, mais d'autres paramètres peuvent entrer en ligne de compte, notamment la souplesse du plancher ainsi que sa composition. En raison de l'importance du paramètre de masse, les planchers légers (bois, acier) sont moins performants que les planchers lourds (béton, principalement) [2].

### 6.1. Isolation contre le bruit d'impact

#### 6.1.1. Matériau résilient sur le plancher

Il faut que le matériau possède une sous couche suffisamment épaisse pour rester souple sous le choc. On trouve dans cette catégorie des moquettes sur thibaude, des linoléums, des sols plastiques...etc. et de nombreux matériaux en dalle.

Ces matériaux sont d'autant plus efficaces que leur épaisseur est plus grande. En pratique les épaisseurs courantes sont de l'ordre de 3 à 5 mm (pour la partie résiliente). Ils sont recouverts d'une couche plus résistante à l'usure, au poinçonnement, à l'eau, voire à la chaleur ou aux produits chimiques.

Leur principal inconvénient est de s'user bien plus vite que les autres prestations du bâtiment, d'où un changement régulier de cette couche amortissant.

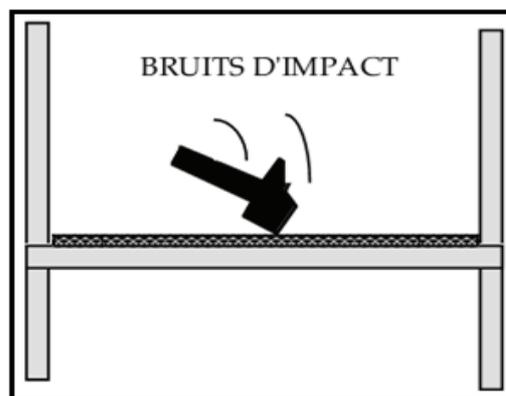
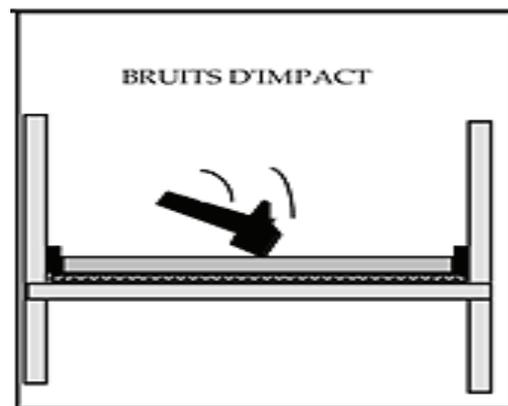


Figure I- 11: Cas de revêtement de sol [4]

### 6.1.2. Matériau Résilient Sous Dalle Flottante

Ces dalles ou chapes flottantes sont très efficaces, elles peuvent s'accommoder de tous les revêtements en surface, elles sont d'autant plus efficaces qu'elles sont plus épaisses (pour un même matériau le gain est d'environ 4 dB par doublement de l'épaisseur) mais elles ont l'inconvénient d'être difficiles (et chères) à réaliser, elles supposent une étroite surveillance de chantier. En effet, un seul point dur, lors de la réalisation d'une telle dalle, diminue très fortement le résultat (en le ramenant très proche de la dalle non flottante).

La chape doit être en particulier protégée des contacts périphériques (relevé de bord), et ce sont surtout les points singuliers qui sont difficiles à réaliser : passage de canalisation, support d'équipement...etc.



*Figure I- 12: Cas de dalle flottante [4]*

Les parquets flottants sont conçus sur le même principe, mais la réalisation est plus facile à suivre, la sous-couche étant posée sous les lambourdes [4].

### 6.1.3. Les Plafonds Suspendus

C'est la solution adoptée par les usagers "du dessous". Cette solution n'est pas très performante, car on a vu que les transmissions indirectes allaient devenir prépondérantes. Cependant il ne faut pas nier qu'elle est souvent employée, en particulier dans l'habitat (il est souvent difficile d'accepter l'idée qu'il vaut mieux payer une moquette à son voisin de dessus).

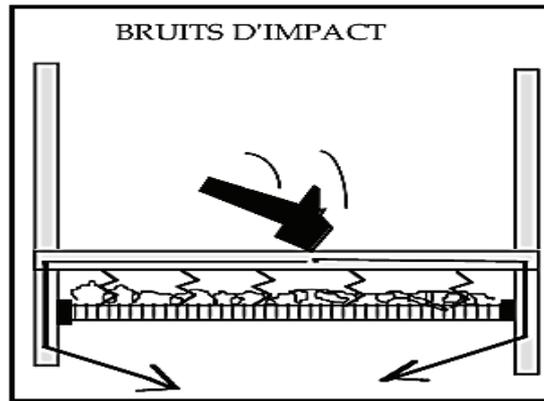


Figure I- 13: Cas du faux plafond

Dans le cas d'une telle réalisation, le plafond doit être désolidarisé du plancher supérieur en le suspendant (au moyen de suspentes souples) à ce dernier, ou à des traverses liées aux murs latéraux. Il faut ensuite le désolidariser des bords, et enfin mettre dans la cavité un matériau fibreux (cas des doubles parois)

Pour une efficacité maximale, il est facile de constater qu'il faut également traiter les parois latérales, on en arrive à une solution de doublage généralisé dite "la boîte dans la boîte" et destinée à de très forts isolements [4].

## 6.2. Isolation du Bruit Aérien

Le principe de paroi double prenant en sandwich une laine minérale jouant le rôle d'amortisseur de la cavité d'air est utilisé dans la plupart des situations. C'est le système « masse-ressort-masse » [1].

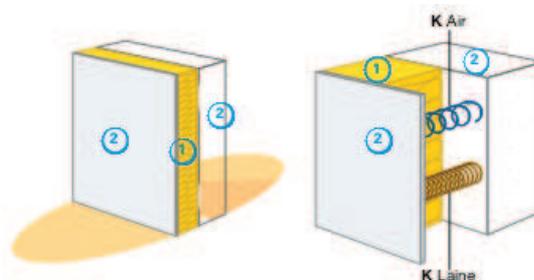


Figure I- 14: Système « masse-ressort-masse »

- ① Raideur de l'intercalaire K, formé par deux ressorts, l'air et la laine minérale, qui fonctionnent en parallèle.
- ② Masse surfacique et nature de chacun des parements.

Lorsque les laines minérales assurent la liaison mécanique entre les deux parements (complexe de doublage, dalle flottante), elles jouent un rôle de ressort en tant que matériau Intermédiaire ou intercalaire et participent activement à l'augmentation de l'isolation acoustique de l'ouvrage grâce à l'effet « masse-ressort-masse » [1].

### **6.3. Les bruits d'équipements**

#### **6.3.1. Canalisations**

Pour éviter les bruits de tuyauterie il est préférable de dimensionner largement les tuyaux d'arrivée ou de vidange, de prévoir pour les vidanges des prises d'air, et de créer des coudes à grand rayon de courbure. Il est aussi recommandé de fixer les canalisations au moyen de colliers souples. Enfin, il existe des manchons anti-vibratiles, ou des antis coup de bélier pour éviter les vibrations [4].

#### **6.3.2. Les groupes vibrants**

Les chaufferies, pompes, supprimeurs...etc. sont les équipements les plus souvent montés sur des socles lourds (pour diminuer l'amplitude des vibrations) désolidarisés du porteur. Cela suppose une liaison souple aux canalisations (pour supporter les légers déplacements relatifs).

Cas particulier des postes de transformation électrique : c'est un groupe vibrant (donc posé sur support souple) nécessitant de la ventilation (protégée par des silencieux) [4].

#### **6.3.3. Les machines tournantes**

Elles posent le problème d'une génération de fréquences propres liées à leur vitesse de rotation et leur nombre de pales. Ces fréquences peu détectables à l'analyse (sauf analyse fine en fréquence) peuvent s'avérer très gênantes pour l'auditeur [4].

Elles sont cependant très faciles à éliminer une fois qu'elles sont localisées. D'une manière générale le niveau sonore de ces appareils augmente très rapidement avec la vitesse de rotation. Il vaut donc mieux choisir un appareil légèrement surdimensionné, et le faire tourner à une vitesse plus lente (cette règle permet en plus une usure moins rapide de l'appareil).

**I.7. Conclusion**

Réduire la transmission des bruits d'impact par les planchers n'est pas chose simple. Les revêtements de sol n'offrent pas le même degré d'atténuation sur tous les types de planchers. Un bon isolement contre les bruits d'impact dépend du revêtement et du type de plancher utilisé (béton ou solives). Pour de bons résultats, il faut également concevoir une masse suffisante de plancher et prévoir des couches de matériau résilient les bruits.

## II.1. Introduction

Dans cette section, nous présentons tout d'abord les différents résultats expérimentaux des études réalisées sur la marche. Les caractéristiques de la marche des piétons ainsi que des forces engendrées par les piétons en marchant sur un sol rigide [5]. Ensuite, nous exposons quelques modèles concernant la modélisation du piéton existant.

## II.2. Le piéton

### 2.1. Résultats expérimentaux des études réalisées sur la marche

Des mesures de la force induite par des personnes sautant, marchant ou courant, ont été effectuées par plusieurs chercheurs . La plupart de ces essais ont été réalisés pour des forces verticales, et sur des planchers rigides, ayant des fréquences propres élevées et étant non susceptibles de vibrer en réponse à la force qui leur est imposée par les piétons [5].

### 2.2. Observations sur la marche

Marcher est l'action qui consiste à se déplacer en mettant un pied devant l'autre, et en gardant au moins un des deux pieds en contact avec le plancher sur lequel on bouge.

Lorsqu'on marche, deux phases se succèdent : les deux pieds sont en contact avec le plancher puis un seul. Le fait d'avoir les deux pieds en contact avec le sol permet de changer de jambe d'appui et de donner à la deuxième jambe l'impulsion nécessaire pour se lancer en avant. La durée d'un pas est définie comme étant la période de temps qui sépare le début de deux phases successives où les deux pieds sont simultanément en contact avec le sol. La longueur d'un pas est la distance qui sépare les deux pieds durant la phase de contact simultanée.

Lorsque le piéton marche librement, lorsqu'il n'est influencé ni par son environnement proche ni par le plancher, la longueur moyenne d'un pas suit une loi normale de moyenne  $L_0 = 0.71$  m et d'écart-type 0.071 m [5]. La vitesse de marche est définie comme étant le rapport entre la longueur d'un pas et sa durée. La valeur moyenne de la vitesse de marche dans des conditions de marche libre suit une loi normale de moyenne  $1.34 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  et d'écart-type  $0.26 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  [5].

### 2.3. Périodicité et fréquences

La marche d'un piéton dans des conditions de marche libre est habituellement supposée périodique [5], la longueur d'un pas et sa durée sont sensiblement identiques d'un pas à l'autre pour un même piéton. La période de la marche est définie comme étant la durée moyenne d'un pas pour un piéton donné. La fréquence a été évaluée expérimentalement par plusieurs auteurs et a une valeur voisine de 2 Hz (Tableau 1). La figure 1 montre la courbe de la distribution normale des fréquences selon Matsumoto et al. [5] d'après des expériences réalisées sur 505 personnes.

**Tableau II- 1:** Fréquence de marche [5]

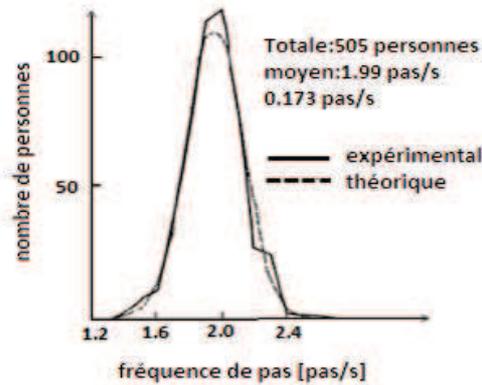
Auteurs	Fréquences
Matsumoto (505 personnes)	la fréquence suit une loi de distribution normale de moyenne 2 Hz et d'écart-type 0.173 Hz
Kerr et Bishop (40 personnes)	fréquence moyenne de 1.9 Hz
Leonard	fréquence de la marche normale 1.7 – 2.3 Hz
Bachmann	1.6 – 2.4 Hz
Živanović (939 personnes)	loi normale de moyenne 1.87 Hz et d'écart-type 0.186 Hz

Cependant, cette périodicité est contestée dans les travaux de Sahnaci et Kasperi [5] qui affirment que la durée d'un pas diffère selon la jambe d'appui. Ainsi, on aurait deux fréquences et donc deux périodes différentes.

### 2.4. Forces engendrées par la marche d'un piéton

Durant la marche, chaque pied, lors de son contact avec le plancher, engendre une force à trois composantes. Dans ce qui suit, les indices,  $N$  et  $T$  indiquent respectivement les directions verticale, normale et tangente au mouvement du piéton, les indices  $d$  et  $g$  indiquent respectivement les jambes droites et gauches :

$$\underline{F}_{pd} = \begin{bmatrix} F_{Td}(t) \\ F_{Nd}(t) \\ F_{Vd}(t) \end{bmatrix}, \underline{F}_{pg} = \begin{bmatrix} F_{Tg}(t) \\ F_{Ng}(t) \\ F_{Vg}(t) \end{bmatrix} \quad (\text{II. 1})$$



**Figure II- 1:** Distribution normale de la fréquence d'après Matsumoto et al [11]

La force  $\underline{F}_p$  engendrée par un piéton n'est autre que la somme des forces engendrées par chacune des jambes :

$$\underline{F}_p = \underline{F}_{pd} + \underline{F}_{pg} \begin{bmatrix} F_{Td}(t) + F_{Tg}(t) \\ F_{Nd}(t) + F_{Ng}(t) \\ F_{Vd}(t) + F_{Vg}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_T(t) \\ F_N(t) \\ F_V(t) \end{bmatrix} \quad (\text{II. 2})$$

#### 2.4.1. La force verticale

La force verticale est toujours dirigée vers le plancher, elle a donc un signe constant, que ce soit pour la jambe droite ( $F_{Vd}$ ) ou la jambe gauche ( $F_{Vg}$ ), qui est le même pour les deux jambes. La force verticale totale  $F_V$  a donc elle aussi le même signe, et elle a pour amplitude moyenne le poids du piéton (750 N à 800 N en moyenne) et varie de  $\pm 250$  N [15].

Durant un pas, la jambe qui est en contact avec le plancher engendre une force verticale dont le graphe est en selle de cheval et présente deux extrêmes [5,16], (figure 2.a). La première partie de ce graphe s'apparente à un quart de sinus qui est dû au choc du talon sur le plancher et la dernière partie à un quart de sinus dû à la force provoquée par la pointe pour pouvoir lancer la jambe en avant. La force verticale totale  $F_V(t)$  est représentée dans la figure 3.a. Comme on peut le voir, si on suppose que les forces verticales engendrées par les deux jambes sont égales (même direction, même sens et même amplitude), la force verticale totale  $F_V(t)$  peut être considérée comme périodique, de période égale à la durée d'un pas donc à la période de la marche.

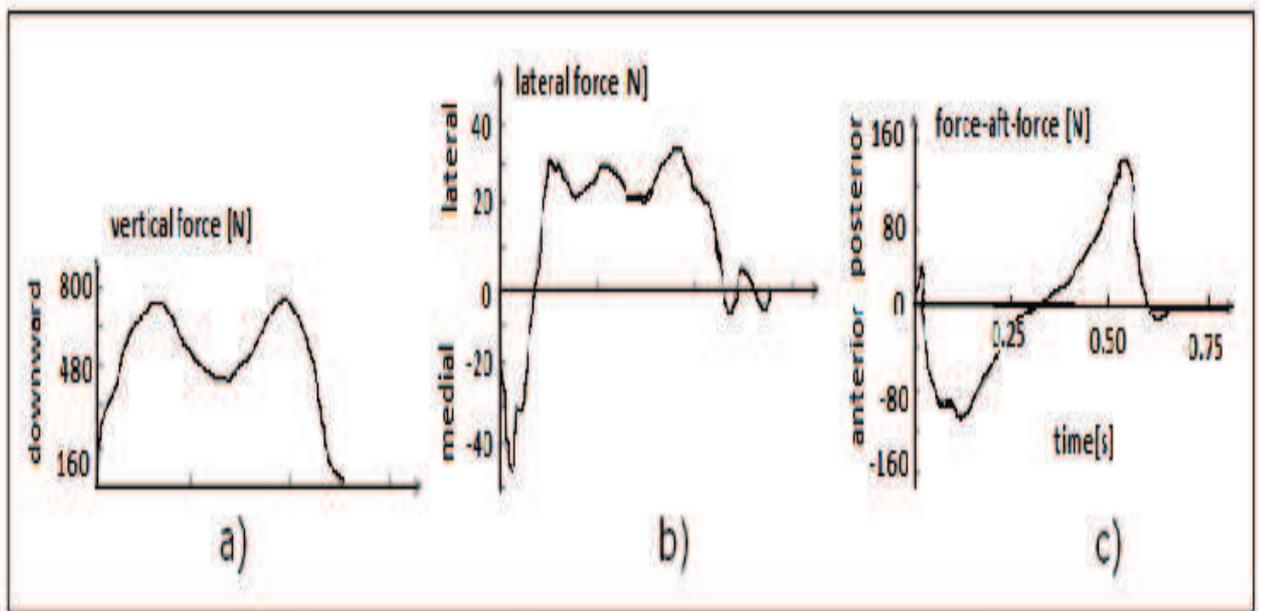
#### 2.4.2. La force normale au mouvement du piéton

La force normale a des sens opposés pour chacune des jambes : durant un pas où la jambe gauche est en contact avec le plancher, elle est dans un premier temps dirigée vers la

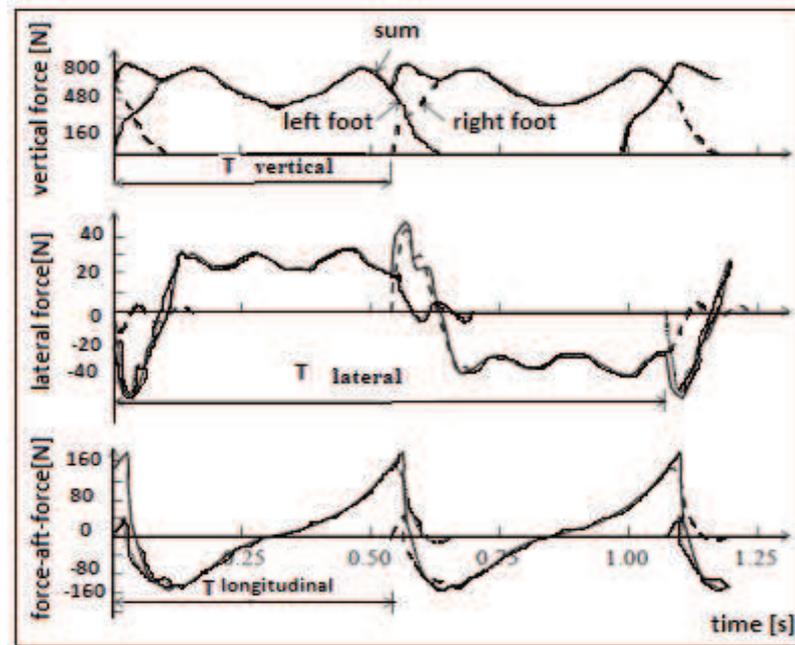
droite puis vers la gauche ; c'est l'inverse dans le cas de la jambe droite. L'amplitude de cette force varie entre  $-35\text{ N}$  et  $+35\text{ N}$  d'après [16], et de  $-25\text{ N}$  à  $+25\text{ N}$  d'après [5] (figure 2.b).

Les variations de la force normale totale  $F_N(t)$  (figure 3.b) permettent d'identifier les phases de contact simultanée et les phases de contact d'une seule jambe. Cette identification est basée sur les maximum et minimum de la force, le passage de l'accélération à la décélération, puis le retour à l'accélération, détermine le début et la fin de la phase de contact des deux jambes.

Comme la force engendrée par une jambe est dans le sens contraire à celle engendrée par l'autre, la force normale totale a une période qui correspond à la durée de deux pas. Elle a donc pour valeur le double de la période de la force verticale, entraînant une fréquence de moitié [5].



**Figure II- 2 :** Courbes typiques de la force pour la marche d'après [5] : (a) composante verticale, (b) composante normale à la direction de mouvement du piéton, (c) composante tangentielle à la direction de mouvement du piéton



**Figure II- 3 :** Marche périodique d'après [5] : (a) composante verticale, (b) composante normale à la direction de mouvement du piéton, (c) composante tangentielle à la direction de mouvement du piéton

### 2.4.3. La force tangente au mouvement du piéton

Comme la force verticale, la force tangente au mouvement du piéton est supposée être la même pour les deux jambes. En considérant la force d'une seule jambe (figure 2.c), on remarque que la première partie de la force est dirigée vers l'arrière (force négative), ce qui correspond au choc du talon, et la dernière partie est dirigé vers l'avant (force positive), ce qui correspond au choc de la pointe. En général, la force tangente totale (figure3.c) est considérée comme étant périodique de période égale à la durée d'un pas. Elle a donc la même période et la même fréquence que la force verticale.

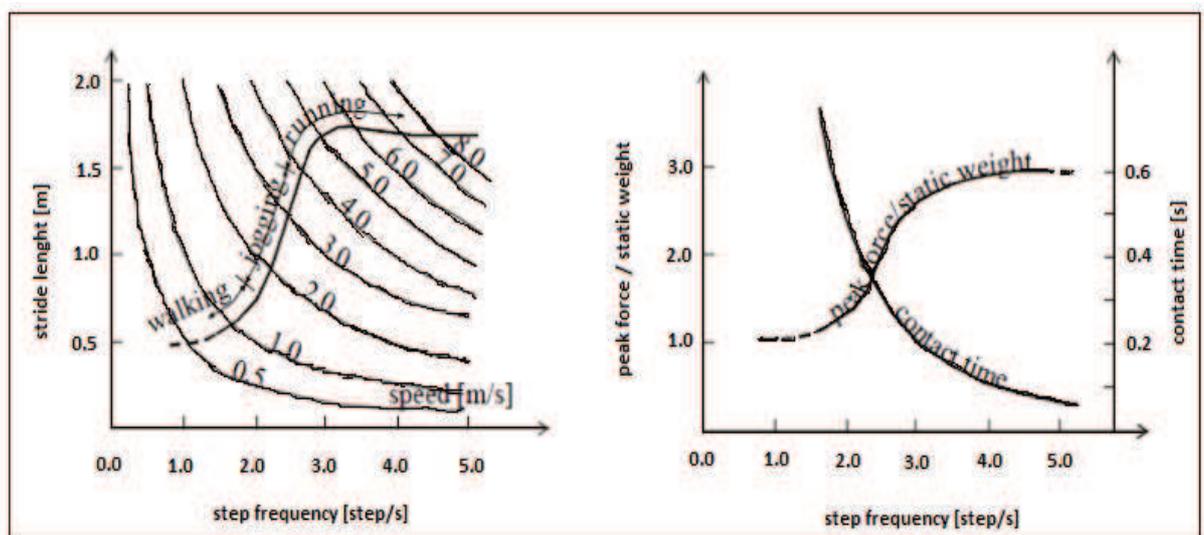
L'hypothèse selon laquelle les forces engendrées par les deux jambes sont identiques est controversée, des mesures faites par Sahnaci et Kasper [5] montrent que les paramètres de la force ne sont pas les mêmes pour les deux jambes. En effet, l'une des deux jambes, qualifiée comme étant la jambe forte, a une longueur de pas supérieure à celle de l'autre, la jambe faible, la différence entre les deux étant parfois supérieure à 5 %. La fréquence des pas n'est pas la même pour les deux jambes, l'une ayant une fréquence supérieure à l'autre.

Des études probabilistes prennent en compte le fait qu'une personne ne peut pas répéter exactement les mêmes forces (en fonction du temps) au cours de différentes expériences. La

force d'une seule personne est considérée périodique, mais le caractère aléatoire peut être pris en compte en considérant des fonctions de distribution du poids, de la fréquence, etc. [5].

## 2.5. Relations entre les différents paramètres

Des études ont montré que l'augmentation de la fréquence de marche entraîne l'augmentation de la vitesse de marche [12,13], qui à son tour entraîne une augmentation de la longueur du pas ainsi que des maximum d'amplitudes de toutes les composantes de la force engendrée par un piéton [5]. De plus, l'augmentation de la fréquence entraîne une diminution du temps de contact d'un pied avec le plancher. Ces relations sont illustrées dans la figure 4 [5] et sont valables non seulement pour la marche mais aussi pour la course.



*Figure II- 4 : Relation entre la longueur du pas, la vitesse, la force maximale et le temps de contact pour différentes fréquences de mouvement d'après*

## 2.6. Autres mouvements

Des mouvements de piétons autres que la marche existent : la course, le saut, le balancement et le rebondissement. Sans entrer dans les détails, les principales caractéristiques de ces mouvements sont présentées.

### 2.6.1. La course

Contrairement à la marche, la force engendrée par une jambe durant un pas de course présente un seul maximum [5]. Durant une course, les périodes de contact d'une seule jambe sont séparées par des périodes sans contact où la force induite est supposée nulle. La force engendrée par ce mouvement peut aussi être supposée périodique, et la fréquence fondamentale de la force verticale est dans la bande fréquentielle 1.8 – 3.4 Hz [5].

### 2.6.2. Le saut

Durant le saut, on trouve aussi des périodes de temps avec contact et des périodes sans contact. Le maximum de la force verticale est égal à plusieurs fois le poids de la personne. De plus, des études ont montré que les forces horizontales dues aux sauts verticaux existent aussi, mais la composante tangentielle au mouvement du piéton reste plus importante que la composante normale. De même que les autres forces, la force engendrée par le saut peut être supposée périodique. La fréquence fondamentale de la force verticale est dans la bande fréquentielle 2 – 3.5 Hz [5].

### 2.6.3. Le balancement

Le balancement peut être défini comme étant le fait de basculer son poids d'une jambe à l'autre tout en restant sur place et sans décoller les pieds du plancher. La force engendrée par le balancement est aussi supposée périodique. La fréquence fondamentale de la force verticale appartient à l'intervalle 0.4 – 0.7 Hz [5].

### 2.6.4. Le rebondissement

Rebondir c'est faire un ou plusieurs bonds en touchant à chaque fois un corps solide. La force engendrée par ce mouvement peut être supposée périodique et la fréquence fondamentale de la force verticale appartient à l'intervalle 1.5 – 3 Hz [5].

## II.3. Modélisation du piéton et mise en équations

Le corps humain est un système mécanique très complexe, composé de plusieurs parties en interaction réciproque. Il peut être modélisé suivant le degré de raffinement souhaité et les objectifs à atteindre. Les différents modèles de la littérature peuvent se classer en trois catégories de modélisation selon leur degré de complexité.

### 3.1. 1<sup>ère</sup> catégorie

Modèles complexes dans lesquels chaque partie du squelette du corps humain est représentée par un corps rigide connecté aux autres par des ressorts et amortisseurs et avec des couples qui imposent le mouvement relatif entre les corps rigides de façon à reproduire l'action de la marche. La figure 5 est un exemple de description de deux modèles [5], inspirés de [5]. Ce type de modélisation est généralement utilisé en robotique.

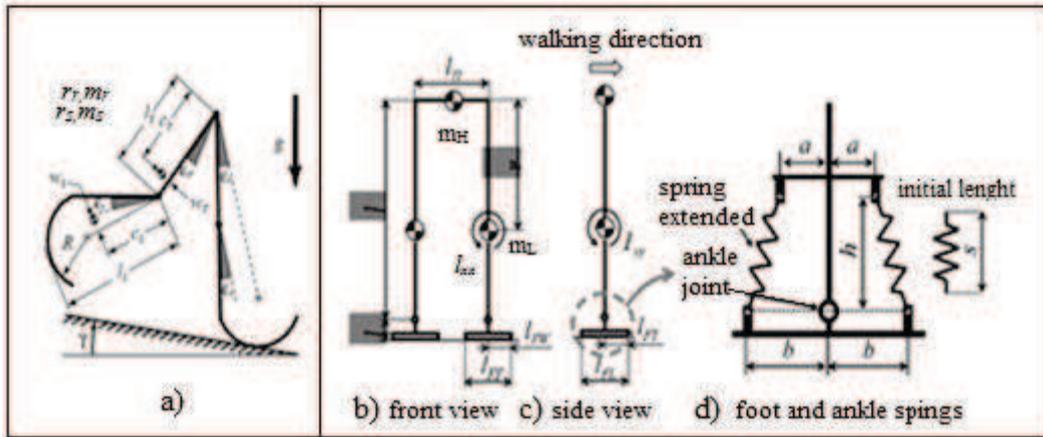


Figure II- 5 :Deux représentations du corps humain : (a) représentation du modèle de marche 2D de McGeer [6], (b,c,d) représentation du modèle de marche 3D [7]

### 3.2. 2<sup>ème</sup> catégorie

Modèles dans lesquels le corps humain est schématisé comme un ensemble de masses, ressorts et amortisseurs, et chaque partie du modèle représente grossièrement une certaine partie du corps dans le but de reproduire la force d'impact d'un pied sur le sol pendant un pas [8,9,5]. La figure 6 montre deux représentations du piéton. Ces schémas ne prévoient pas de force motrice et ils ne peuvent donc pas représenter la marche. Cependant, ils permettent de reproduire correctement la force verticale d'impact d'un pied sur le sol pendant un pas. Dans la seconde représentation [9], l'influence de la raideur du sol sur la force d'impact du pied est prise en compte.

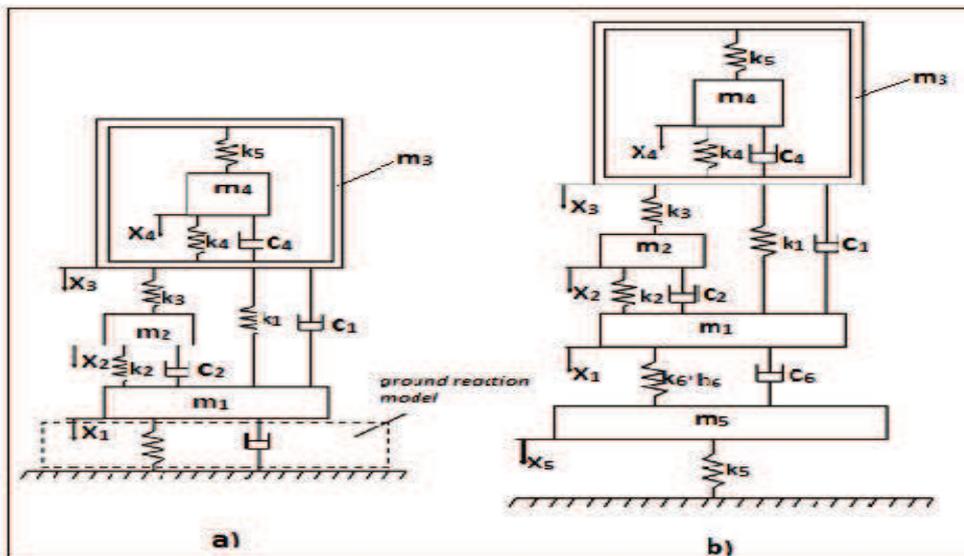
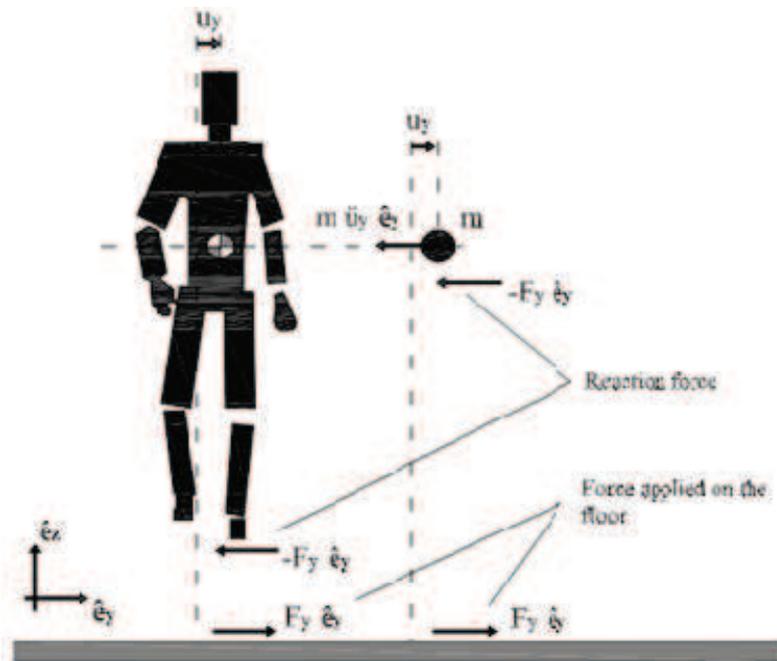


Figure II- 6 : Représentation du piéton : (a),(b). [8]

### 3.3. 3<sup>ème</sup> catégorie

Le piéton est modélisé selon un schéma mécanique simple, à savoir. Une masse  $m$  discrète soumise aux forces d'inertie et à la force de l'interaction avec le plancher (figure 7). La même hypothèse a été utilisée dans plusieurs travaux antérieurs [10]. Dans le détail, la masse  $m$  du piéton est regroupée en un seul point qui est le centre de gravité du corps. Notre étude porte uniquement sur le cas où le plancher est un plan horizontal et le mouvement du corps produit une force qui n'est pas incitée par un mouvement du plancher rigide, qui à son tour n'affecte pas la dynamique du corps humain, en d'autres termes, il n'y a pas d'interaction dynamique entre le corps humain et le plancher. La vitesse de marche est supposée constante en module et en direction (trajectoires rectilignes à vitesse constante) c'est-à-dire que le mouvement latéral est analysé dans le plan frontal.



*Figure II- 8: Schéma du système à un DDL modéliser le mouvement latéral d'un piéton.*

### 3.4. La force verticale

En adoptant l'hypothèse selon laquelle les deux jambes engendrent la même force, et que ces forces sont périodiques, on peut supposer que la force verticale totale  $F_V$  engendrée par un piéton est périodique. De ce fait, on peut développer  $F_V$  en série de Fourier jusqu'à un ordre  $n$  à préciser [5 ,14] :

**Tableau II- 2:** Les coefficients de Fourier pour la force verticale engendrée par la marche[5]

Auteurs	$a_i$	$\phi_i$	Commentaires
Blanchard	$a_1 = 0.257$		le DLF est plus faible pour des fréquences de 4 à 5 Hz
Bachmann et Ammann	$a_1 = 0.4 - 0.5$ $a_2 = a_3 = 0.1$		fréquences entre 2 et 2.4 Hz fréquences autour de 2 Hz
Schulze	$a_1 = 0.37, a_2 = 0.10$ $a_3 = 0.12, a_4 = 0.04$ $a_5 = 0.08$		A 2 Hz
Kerr	$a_1 = a_2 = 0.7$ $a_3 \cong 0.06$		$a_1$ dépend de la fréquence
Young	$a_1 = 0.37(f - 0.95) \leq 0.56$ $a_2 = 0.054 + 0.0044f$ $a_3 = 0.026 + 0.0050f$ $a_4 = 0.04$		Valeurs moyennes
Seiler and Häuttner	$a_1 = 0.4$ $a_2 = 0.15$ $a_3 = 0.1$ $a_4 = 0.05$	$\phi_1 = \frac{\pi}{2}$ $\phi_2 = -\frac{5\pi}{6}$ $\phi_3 = \frac{\pi}{2}$ $\phi_4 = -\frac{5\pi}{6}$	

$$F_V(t) = P \left( 1 + \sum_{i=1}^n a_i \sin(2\pi i f_p t - \phi_i^0) \right) \quad (II. 3)$$

Où :

$P$  :Est le poids de la personne (  $N$  ).

$i$  :Est le numéro de l'harmonique.

$n$ : Est le nombre total d'harmoniques qui contribuent à la force.

$a_i$  :Est le coefficient de Fourier de l'i-ème harmonique.

$f_p$  :Est la fréquence de marche du piéton (Hz).

$\phi_i^0$ : Est la phase de l'i-ème harmonique pour un développement en sinus. La valeur de  $\phi_1^0$  est arbitraire et peut être nulle par exemple.

Le nombre  $n$  d'harmoniques varie selon les auteurs de 1 à 5. Les valeurs proposées pour les  $a_i$  sont données dans le tableau 2. Kerr [5] a trouvé des valeurs expérimentales pour les  $a_i$  dispersées pour différents sujets et même pour un même sujet qui répète l'expérience [5].

D'autre part, les valeurs des phases  $\phi_i$  varient beaucoup pour les harmoniques  $i \geq 2$  [5], ce qui montre le caractère aléatoire du chargement dû à la marche [5].

### 3.5. La force normale au mouvement du piéton

De même que pour la force verticale, la force normale peut aussi être considérée comme périodique. Elle est donc développable en série de Fourier :

$$F_N(t) = P \sum_{i=1}^n a_i \sin(2\pi i f_N t - \phi_i^0) \quad (\text{II. 4})$$

On rappelle que  $P$  est le poids du piéton et  $f_N$  la fréquence de la force normale au mouvement du piéton qui est égale à la moitié de celle de la marche. Les valeurs des  $a_i$  sont données dans le tableau 3.

**Tableau II- 3:** Les coefficients de Fourier pour la force normale engendrée par la marche [5]

Auteurs	DLFs pour les harmoniques considérés	Commentaires
Schulze	$a_1 = 0.039; a_2 = 0.01$ $a_3 = 0.043, a_4 = .012.$ $a_5 = 0.015$	fréquences de l'ordre de 2 Hz
Pizzimenti et Ricciardelli	$a_1 = 0.04, a_2 = 0.008$ $a_3 = 0.023, a_4 = 0.005$ $a_5 = 0.011$	fréquences de l'ordre de 0.6–1.1 Hz fréquences de l'ordre de 1.2–2.2 Hz fréquences de l'ordre de 1.8–3.3 Hz fréquences de l'ordre de 2.4–4.4 Hz fréquences de l'ordre de 3.0–5.5 Hz

### 3.6. La force tangente au mouvement du piéton

De même que pour les forces verticale et normale, la force tangente peut être considérée comme périodique. Elle est donc développable en série de Fourier :

$$F_T(t) = P \sum_{i=1}^n a_i \sin(2\pi i f_T t - \phi_i^0) \quad (\text{II.5})$$

On rappelle que  $P$  est le poids du piéton et  $f_T$  la fréquence de la force tangente au mouvement du piéton qui est égale à celle de la marche. Les valeurs des  $a_i$  sont données dans le tableau 4.

**Tableau II- 4:** Les coefficients de Fourier pour la force tangente engendrée par la marche (DLFs)[5]

Auteurs	DLFs pour les harmoniques considérés	Commentaires
Schulze	$a_1/2 = 0.037, a_1 = 0.204$ $a_3/2 = 0.026, a_2 = 0.083$ $a_5/2 = 0.024$	fréquences de l'ordre de 2 Hz
Blanchard	$\frac{a_1}{2} = 0.1$ $a_1 = 0.2$ $a_2 = 0.1$	fréquences de l'ordre de 2 Hz

#### II.4. Conclusion

Dans ce chapitre, on a présenté les différentes études et les différents travaux trouvés dans la littérature, concernant la marche d'un piéton et la modélisation de la force latérale d'un piéton. à la fin de ce chapitre on a présenté en détails des modèles trouvés dans la littérature.

Ensuite nous avons étudié des données expérimentales concernant la force engendrée par un piéton sur un plancher rigide. Cette étude est un modèle mathématique basé sur la transformation de Fourier et la série de Fourier.

## 1. Introduction

Comme nous l'avons indiqué dans les deux chapitres précédents, les bruits d'impact ont pour origine un choc ou une vibration : déplacement de personnes (talons) ou de meubles, chute d'objets. Les bruits d'impact ou bruit solidiens ou encore bruits de choc sont transmis par mise en vibration de la structure et des parois du bâtiment (planchers ou murs) et par les parois latérales.

Différentes sources sonores peuvent être à l'origine des bruits d'impact (personnes marchant sur un parquet, équipements...). Comme pour les bruits aériens, la transmission directe au travers des planchers se révèle souvent la plus courante. L'origine mécanique de la mise en vibration de la paroi peut conduire à des transmissions du bruit également très importantes vers la totalité des parois du bâtiment. Tout dépend de la nature des parois et de leur mode constructif : pour les parois homogènes (par exemple planchers et murs en béton), les transmissions latérales peuvent occasionner une perte d'isolement d'environ 5dB.

Dans ce chapitre, nous exposons un modèle mathématique basé sur les séries de Fourier afin de résoudre l'interaction des vibrations dues par un piéton, la moyenne de celles dues par plusieurs piétons et la force engendrée par ces piétons sur un plancher léger suivant différentes vitesses de marche.

## 2. Classification des vibrations

La perception des vibrations par les personnes et le sentiment individuel de gêne dépendent de plusieurs aspects. Les plus importants sont :

- La direction de la vibration, même si dans ce rapport uniquement la vibration verticale est considérée,
- La posture des personnes comme être debout, allongée ou assise ;
- L'activité dans laquelle la personne se trouve est importante pour sa perception des vibrations ; Une personne travaillant dans une usine de production perçoit différemment les vibrations que celle étant assise, concentrée, dans un bureau, dormant dans une chambre ou bien effectuant une opération chirurgicale,
- L'âge et l'état de santé des personnes rencontrées sont aussi des facteurs importants conditionnant le sentiment de gêne causé par les vibrations.

### 3. Modélisation mathématique des vibrations d'impact

#### 3.1. Analyse de Fourier

Comme il a été déjà mentionné, sous l'effet des marches des occupants à une cadence précise, le plancher est mis en mouvement et prend une vitesse variable  $v(t)$ . Pour connaître cette vitesse il faut déterminer le spectre en fréquence de la force  $F_y(t)$  par décomposition de Fourier :

Soit  $u(t)$  un signal périodique ayant une période  $T$  et une fréquence  $f = \frac{1}{T}$ .  $u(t)$  Peut se développer sous la forme suivante :

$$u(t) = A_0 + \sum_{k=1}^{+\infty} (A_k \cos(kft) + B_k \sin(kft))$$

$$A_k = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} u(t) \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) dt, \quad B_k = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} u(t) \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) dt,$$

$$\text{Avec } A_0 = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} u(t) dt$$

$A_k$  et  $B_k$  : Sont les coefficients réels de la décomposition.

$$u(t) = \frac{A_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} C_k \cos(2\pi k \cdot ft - \varphi)$$

$$C_k = \sqrt{A_k^2 + B_k^2}$$

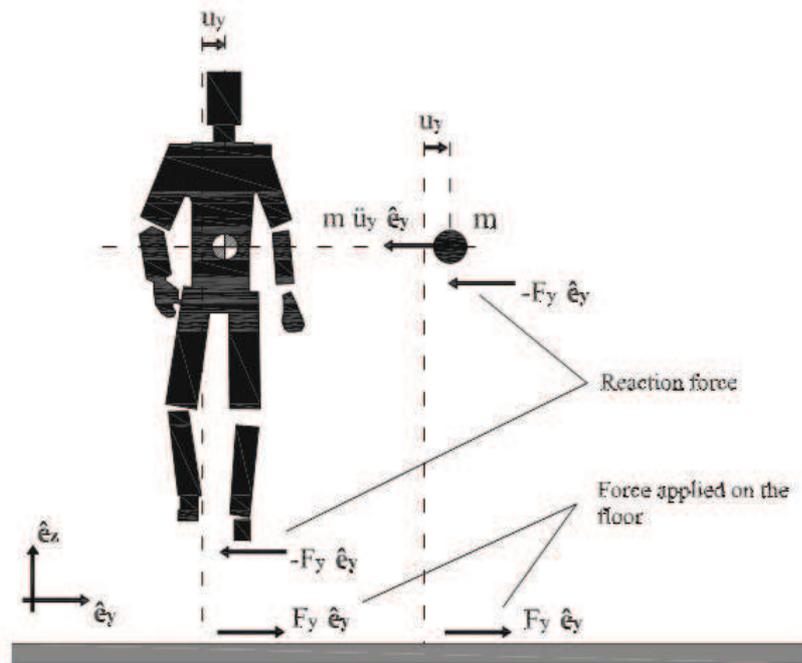
#### 3.2. Description du modèle

Considérons un repéré galiléen des axes  $x$  parallèle à la trajectoire de marche droite et l'axe  $z$  parallèle a l'axe de gravité. L'axe  $y$  étant construit pour être orthogonal aux autres  $\hat{e}_x$ ,  $\hat{e}_y$  et  $\hat{e}_z$  sont les vecteurs unitaires associés aux axes de référence cartésiens, Ensuite, l'équation d'équilibre dynamique appliquée à la masse  $m$  discrète représentant le piéton est  $\mathbf{f} = m \ddot{\mathbf{u}}$ , où  $\ddot{\mathbf{u}} = \ddot{u}_x \hat{e}_x + \ddot{u}_y \hat{e}_y + \ddot{u}_z \hat{e}_z$  est l'accélération de  $m$  par rapport au repère galiléen ;  $\mathbf{f} = -F_x \hat{e}_x - F_y \hat{e}_y - F_z \hat{e}_z$  est la force agissant sur  $m$ . Remarquez que selon la définition choisie ici,  $-\mathbf{f} = +F_x \hat{e}_x + F_y \hat{e}_y + F_z \hat{e}_z$  est la force exercée sur le plancher. L'équation d'équilibre dynamique va certainement sur L'axe  $y$ , en obtenant ainsi :

$$m \ddot{u}_y + F_y = 0 \quad (\text{III.1})$$

Où  $\ddot{u}_y(t)$  est l'accélération latérale de  $m$  et  $F_y$  est la force latérale appliquée par le piéton sur le plancher (figure1). L'Equation (1) décrit la dynamique d'un oscillateur sans excitation extérieure et sa solution  $u_y(t)$  représente les oscillations latérales du centre de gravité du piéton autour de sa trajectoire rectiligne.

L'Equation (1) est à la base de l'approche que nous proposons pour la modélisation de la force de la marche latérale.



**Figure III- 1:**Schéma du système à un DDL modélisant le mouvement latéral d'un piéton.

*Oscillateur auto-entretenu SDOF autonome*

$$\ddot{u}_y(t) = -\frac{1}{m} F_y(t) \quad (\text{III.2})$$

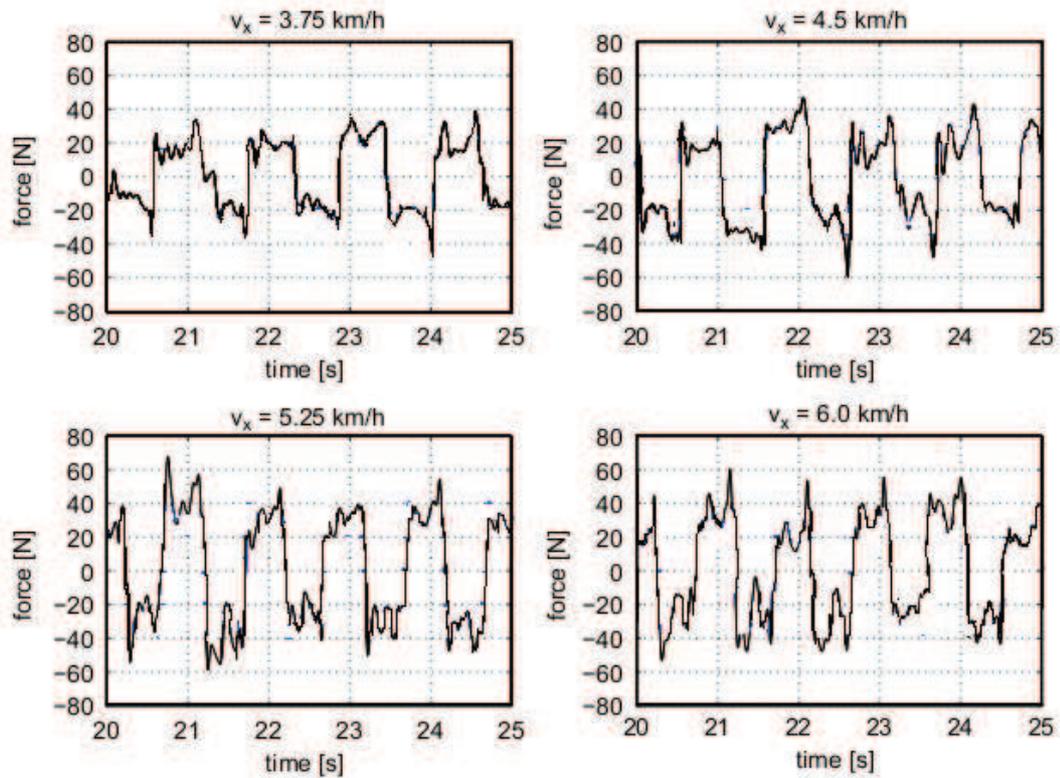
$$\ddot{u}_y(t) = \sum_{k=1}^{\infty} C_k \cos(2\pi(2k-1) \cdot ft - \varphi_{(1,2k-1)}) \quad (\text{III.3})$$

Ainsi, lorsque  $F_Y(t)$  est connue à partir des mesures, le déplacement  $u_y(t)$  et la vitesse  $\dot{u}_y(t)$  de  $m$  peuvent être calculés par intégration temporelle. Cela rend possible une description du mouvement de  $m$ . Le simple enregistrement de la force est une interprétation

relativement riche du comportement dynamique des piétons. Le mouvement décrit par  $u_y(t)$  et  $\dot{u}_y(t)$  calculées de cette façon est seulement approximativement pareil à celui du centre de gravité du piéton, puisque le corps humain est plus complexe qu'un oscillateur simple de masse comme nous l'avons déjà dit au premier chapitre. Pourtant, ce mouvement est celui d'un oscillateur (à un seul degré de liberté) avec une force de restitution  $F_y(t)$  identique à la force marchante mesurée.

### 3.3. Excitation latérale du piéton sur un plancher

Dans cette section nous avons décrit le travail de [10] concernant l'analyse des données expérimentales enregistrées sur une population de 12 piétons. Tous les tests ont été réalisés avec les piétons marchant sur un tapis roulant, se trouvant sur un plancher rigide et équipé de quatre capteurs de force, ce qui a permis la détermination des forces exercées sous chaque pied. La force latérale  $F_y$  appliquée par chaque marcheur a été mesurée à quatre différentes vitesses de marche:  $v_x = 3.75, 4.5, 5.25, 6.0$  km/h. Le  $v_x$  de vitesse de marche nominale associée à chaque mesure est la vitesse du tapis de course pendant l'essai. La masse des 12 piétons varie de 69 à 99,9 kg; chaque piéton a été pondéré avant chacun des quatre tests correspondant aux différentes vitesses de marche les résultats de ce travail sont représentés par la figure 2. Notre travail est de valider ces résultats par une modélisation mathématique en la comparant avec les résultats expérimentaux, pour cela nous avons pris comme données les constantes de fourrier et la masse des piétons établis par [10] est nous avons réalisé un programme en fortran qui traite ce type de problème. Dans tous les cas, le signal de force est enregistré avec un temps d'échantillonnage étape  $dt = 0,001s$  et avec un certain nombre d'enregistrements  $N = 4000$ .



*Figure III- 2: évolution de la force en fonction du temps résultats expérimentales d'après [10]*

### 3.4. L'analyse de Fourier de la force latéral du piéton

Généralement on considère que la force d'un piéton est périodique, et on développe ses différentes composantes en utilisant des séries de Fourier tronquées à un ordre  $n$  donné (équation (4)). Ce travail a été fait pour la force latérale totale.

$$F_y(t) = \sum_{k=1}^{\infty} C_k \cos(2\pi(2k-1).ft - \varphi_{(1,2k-1)}) \quad (\text{III.4})$$

Où :

$C_k$  : Est le coefficient de Fourier de 1<sup>er</sup> harmonique.

$C_{2k-1}$  : Est le coefficient de Fourier de la  $k$ -ème harmonique

$f$  : Est la fréquence de marche du piéton (Hz).

$\Delta\varphi_{1,2k-1}$  : Est la phase de la  $k$ -ème harmonique.

Les valeurs numériques des amplitudes de Fourier et des différences de phase pour les cinq premières harmoniques impaires de la force des piétons [2] sont présentées dans le tableau 2. La valeur moyenne des mêmes quantités pour l'ensemble de tous les piétons est donnée dans la Table 3. Les coefficients de Fourier  $C_{2k-1}$  diminuent plutôt vite quand  $k$  augmente, (voir la Table 3) et chaque coefficient fait augmentation quand la vitesse de marche augmente avec un seuil, ou une réduction faible, dans certains cas, pour la plus haute vitesse  $v_x = 6$  km/h.

On peut remarquer, d'après [10] les signaux enregistrés, que ces forces ne sont pas exactement périodiques. En effet, pour une même jambe, les amplitudes varient d'un pas à l'autre, de même que la longueur des pas, ce qui affecte directement la durée d'un pas et par conséquent la périodicité du signal. Une approche par coefficients de Fourier sur l'ensemble du signal permet de moyenniser l'évolution de la force en fonction du temps. Introduisons les constantes de Fourier, la fréquence, la masse et les phases dans le programme les résultats numériques sont illustrés sur la figure (3). On peut remarquer que ces courbes sont très proches les unes des autres pour la composante latérale (figure 2, figure 3). On remarque les mêmes caractéristiques pour les différentes vitesses voir figure (3). On peut conclure aussi que durant un pas, la composante de la force correspondante à chaque pied peut être divisée en deux temps : le premier concerne la période où le pied est en contact avec le plancher, ce qui correspond, sur le graphe, à la période où la force est non nulle, le deuxième temps concerne la période où le pied n'est plus en contact avec le plancher et donc sa force est nulle. Donc on peut dire que la forme générale de la force des individus qui sont similaires est indépendante de la personne, cependant elle l'est lorsque les personnes présentent des différences de sexe (homme ou femme), de poids ou de nombre de pas.

La figure 3 montre l'évolution temporelle de la force des piétons sur un plancher léger, il est clairement bien illustré que cette force présente un caractère périodique. Donc les pas de l'occupant sont modalisés par la série de Fourier. Les harmoniques suivantes : la première, la troisième, la cinquième, la septième et la neuvième ont une pique d'amplitude proche de la valeur 30-40 N (Newton).

Il est noté que la vitesse et donc la fréquence des marches dépendent significativement de plusieurs facteurs : l'âge, le sexe du piéton et le type des chaussures. Vu que le plancher est composé de plusieurs couches, pour simplifier l'étude le plancher est considéré composé

d'une seule couche rigide en béton qui répond de la même manière lorsqu'un piéton se déplace.

**Tableau III- 1:** Masses et la tailles des 12 piétons impliqués dans les tests. [10]

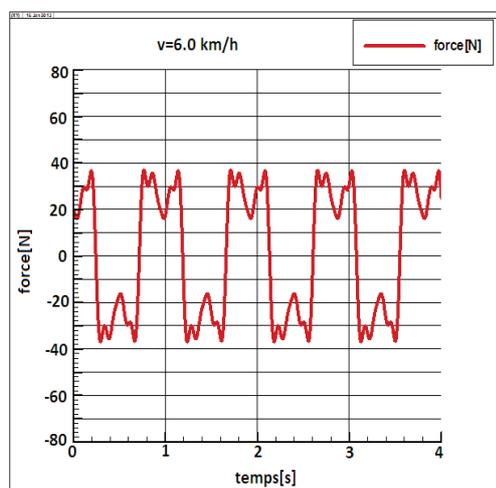
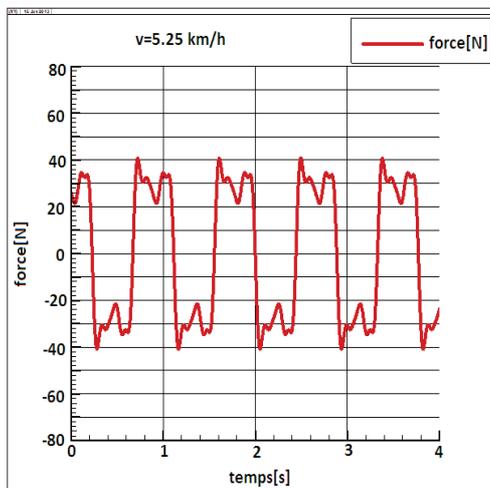
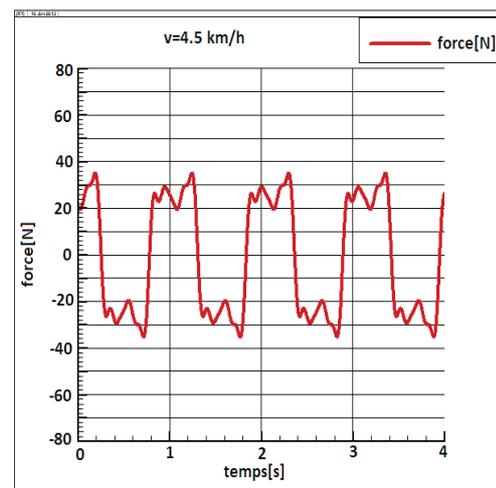
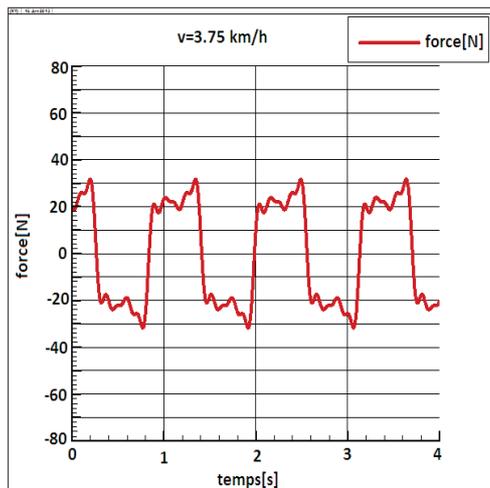
Piéton	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>La masse [kg]</b>												
V=3.75 km/h	68.6	69.4	70.6	70.6	73.8	73.3	70.8	73.3	75.5	73.6	78.9	99.4
V=5.25 km/h	69.6	69.7	70.2	70.9	73.0	72.2	73.2	73.0	75.4	74.5	80.7	99.9
V=4 km/h	68.7	69.5	72.0	70.9	73.3	73.1	70.8	73.0	76.0	75.3	80.5	100.2
V=6 km/h	96.2	69.5	69.1	71.2	72.8	73.9	73.0	73.0	76.4	74.4	79.7	100.1
Moyenne	69.0	69.5	70.5	70.9	73.2	73.1	72.0	73.0	75.8	74.5	80.0	99.9
H (cm)	175	174	163	177	189	178	186	185	186	183	180	179

**Tableau III- 2:** Le piéton "2", l'analyse de série de Fourier de la force latérale : la fréquence, les coefficients de Fourier et les différences de phase des harmoniques de l'ordre 1 à 9, à de différentes vitesses de marche [10]

	3.75 km/h	4.5 km/h	5.25 km/h	6 km/h
$f_1$ (Hz)	0.873	0.948	1.013	1.059
$C_1$ (N)	28.8	32.9	37.7	34.1
$C_3$ (N)	10.8	13.7	17.1	18.2
$C_5$ (N)	5.2	5.6	6.8	5.8
$C_7$ (N)	3.8	4.2	5.0	6.0
$C_9$ (N)	2.5	3.2	2.45	3.4
$\Delta\phi_{1,3}$ (rad)	2.86	3.03	3.29	3.44
$\Delta\phi_{1,5}$ (rad)	5.26	5.43	6.25	6.25
$\Delta\phi_{1,7}$ (rad)	2.10	2.54	3.90	3.53
$\Delta\phi_{1,9}$ (rad)	4.87	5.39	0.70	0.45

**Tableau III- 3:** les analyses de Fourier des 12 piétons suivant différentes amplitudes, fréquences, phases et quatre différentes vitesses de marche[10]

	3.75km/h	4.5km/h	5.25km/h	6km/h
$f_1(H_z)$	0.85	0.92	0.975	1.03
$C_1$	40.3	41.2	41.8	39.3
$C_3$	18.3	20.7	23	23
$C_5$	7.7	9.2	10.8	10.6
$C_7$	4.7	6.6	6.9	7.9
$C_9$	3.4	4.4	4.1	4.7
$\Delta\theta_{1,3}$	2.91	3.06	3.21	3.41
$\Delta\theta_{1,5}$	5.8	5.99	0.11	0.52
$\Delta\theta_{1,7}$	2.75	2.45	3.26	3.7
$\Delta\theta_{1,9}$	5.65	5.28	6.18	0.13
$m$ [kg]	74.8	75.2	75.3	75.4



**Figure III- 3:** évolution de la force en fonction du temps résultats numériques

#### 4. L'étude de la force latérale du piéton comme une fonction de déplacement et de vitesse

D'après l'équation (2), On obtient une estimation de l'accélération latérale d'un piéton de masse  $m$  :

Avec  $\varphi_1 = 0$  de la forme suivante :

$$\ddot{u}_y = -\frac{c_1}{m} \cos(2\pi f_1 t) - \frac{1}{m} \sum_{k=2}^5 c_{2k-1} \cos(2\pi(2k-1)f_1 t - \Delta\varphi_{1,2k-1}) \quad (\text{III.5})$$

Dorénavant, les expressions analytiques des vitesses latérales et des déplacements peuvent être facilement déduites par les intégrations de temps successives de l'équation (5) :

$$\dot{u}_y(t) = -\frac{c_1}{2\pi m f_1} \sin(2\pi f_1 t) - \frac{1}{m} \sum_{k=2}^5 \frac{c_{2k-1}}{2\pi(2k-1)f_1} \sin(2\pi(2k-1)f_1 t - \Delta\varphi_{1,2k-1}) \quad (\text{III.6})$$

$$u_y(t) = \frac{c_1}{m(2\pi f_1)^2} \cos(2\pi f_1 t) + \frac{1}{m} \sum_{k=2}^5 \frac{c_{2k-1}}{(2\pi(2k-1)f_1)^2} \cos(2\pi(2k-1)f_1 t - \Delta\varphi_{1,2k-1}) \quad (\text{III.7})$$

Où :

$m$  : est la masse du piéton ;

$C_1$  : est le coefficient de Fourier de la 1<sup>er</sup> harmonique ;

$C_{2k-1}$  : Est le coefficient de Fourier de le k-ème harmonique ;

$f_1$  : Est la fréquence de marche du piéton (Hz) ;

$\Delta\varphi_{1,2k-1}$  : Est la phase de la k-ème harmonique.

Dans cette section nous avons pris les memes données présentés dans la section 3.3 et les injetés dans le programme, La figure (4) montre l'évolution temporelle de l'accélération, la vitesse et le déplacement suivant deux différentes vitesses de marche  $v = 4.5$ , et  $6.0 \text{ km/h}$ . Il apparait que les courbes sont de natures apériodiques pour la force et l'accélération, périodique pour la vitesse et le déplacement, avec des amplitudes qui varient avec les vitesses de marche, notons ici que le bruit sonore transmis est lié directement à la force.

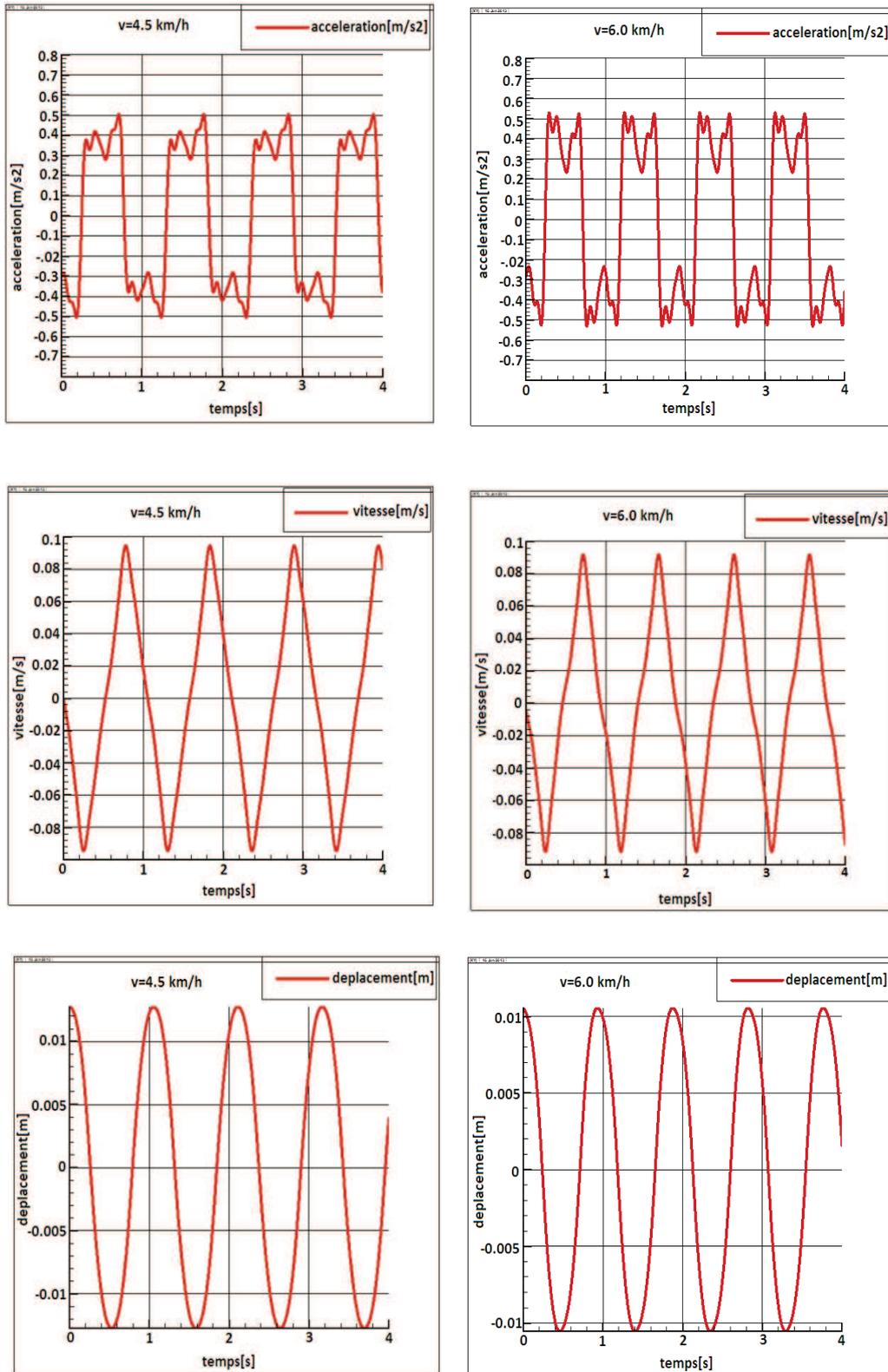
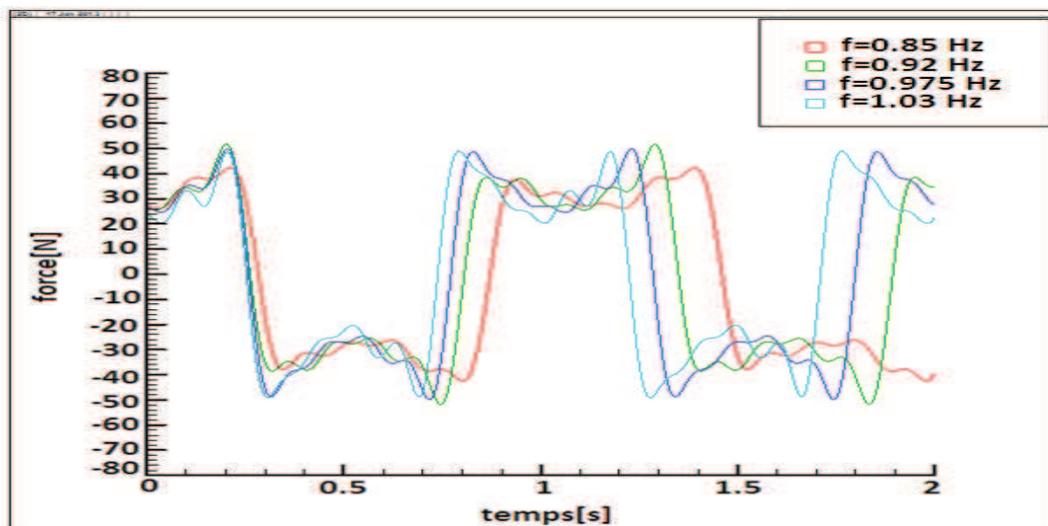


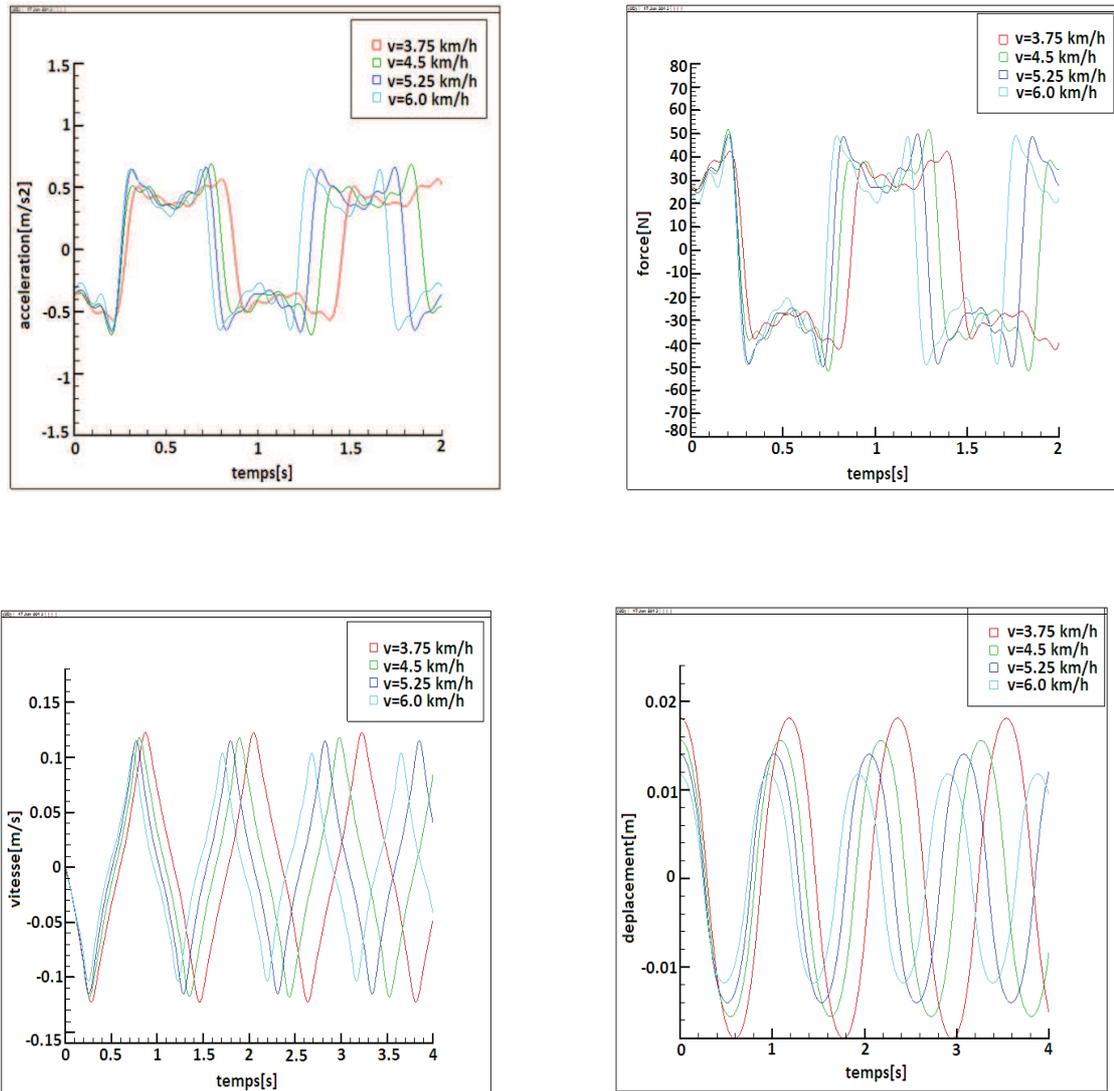
Figure III- 4: Evolution de l'accélération, la vitesse et le déplacement suivant deux vitesses de marches  $v=4.5$  ,  $6.0$  km/h

La figure (5) montre l'évolution temporelle de la force induite par l'impact pour différentes fréquences. La remarque majeure de ce graphe montre que la force de l'impact a une forme de selle, pour plusieurs fréquences donc plusieurs types de marches (plusieurs personnes). Nous remarquons aussi que la force garde la même allure, cependant quelques caractères sont différents, tel que : le pic de la force, qui sont des caractéristiques propres de la personne.

Mathématiquement, il est très simple d'expliquer ce résultat, car chaque personne a son propre poids et son caractère de marche, c'est pour cela les coefficients de la série de Fourier varient d'une personne à l'autre. En plus, il est noté que les hautes fréquences de marche sont en retard par rapport aux basses fréquences. La figure (6) montre l'évolution de la force, la vitesse et l'accélération en fonction de plusieurs vitesses de marche et on peut donc conclure que la période est proportionnelle à la vitesse de marche (quand la vitesse augmente la période augmente aussi).



*Figure III- 5: Evolution de la force en fonction de la fréquence*



**Figure III- 6:** Evolution de la force ,la vitesse et l'accélération en fonction de plusieurs vitesses de marche  $v=3.75,4.5 ,5.25,6.0$  km/h

---

**Références**

- [1] Isover .l'acoustique du bâtiment .guide.
- [2] Ménad chenaf .Les planchers .Conception et exécution .En application des règles de calcul des DTV et des CPT plancher. 01/01/2010
- [3] École d'architecture de Grenoble – module 22C Isolement acoustique – J.J. Delétré2/02/04
- [4] J. Bo dgi. Synchronisation piétons-structure :Application aux vibrations des passerelle les souples . PhD thesis, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 2008.
- [5] Philippi pécol. Modélisation 2D discrète du mouvement des piétons -Application à l'évacuation des structures du génie civil et à l'interaction foule-passerelle.
- [6] P. Young. Improved o or vibration methodologies. In ARUP Vibration Seminar, 2001.
- [7] C. Seiler and S. HÄuttner. A uniform model for pedestrian induced loads for different types of motion-theory, experimental tests and practical application. Eurodyn, 2005.
- [8] J.M.W Brownjohn, A. Pavic, and P.Omenzetter. A spectral density approach for modeling continuous vertical forces on pedestrian structures due to walking. Canadian Journal of Civil Engineer, 31, 2004.
- [9] M.R. Willford and P. Young. Improved methodologies for the prediction of foot-fallninduced vibration. Eurodyn, 2005.
- [10] Silvano Erlicher. Andrea Trovato. Pierre ArgoulModeling the lateral pedestrian force on a rigid floor by a self-sustained oscillator Université Paris-Est, UR Navier, école des Ponts ParisTech, 6-8 av. B. Pascal, Champs-sur-Marne, 77455 Marne-la-Valleé Cedex 2, France. IOSIS Industries, 35 rue du Val de Marne, 75013 Paris,

France. Department of Structures, University of Calabria, 87036 Arcavacata di Rende, Rende (CS), Italy.

- [11] Y. Matsumoto, S. Sato, T. Nishioka, and H. Shio jiri. A study on design of pedestrian over-bridges. Transactions of JSCE , 4 :50-51, 1972.
- [12] J.E. Wheeler. Prediction and control of pedestrian induced vibration in footbridges . ASCE Journal of the Structural Division, 108(ST9), 1982.
- [13] J.E. Wheeler. Pedestrian-induced vibrations in footbridges. Proceedings of the 10<sup>th</sup> Australian Road Research Board (ARRB) Conference, Sydney, Australia, 10(3), 1980.
- [14] H. Bachmann, A.J. Pretlove, and H. Rainer. Dynamic forces from rythnical human body motions. in. Vibration problems in structures : practical guidelines, Appendix G,1995.
- [15] P. Dallard, A.J. Fitzpatrick, A. Flint, A. Low, and R.M. Ridsdill-Smith. The millennium bridge london - problems and solutions. The Structural Engineer, 79(8), 2001.
- [16] R. Cross. Standing, walking, running and jumping on a force plate. American Journal of Physics , 67(4) :304309, 1999

## **Conclusion générale**

Le but de ce travail était d'étudier un modèle 1D discret de mouvement d'un piéton sur un plancher rigide où nous avons au premier lieu collecté des informations sur différentes notions importantes : les planchers, à savoir l'influence du bruit d'impact sur ces derniers ; les piétons et leurs différents modèles mathématiques existants, en dernier lieu le modèle SDOF (oscillateur auto-entretenu autonome) a été proposé pour la modélisation du mouvement latéral des piétons, où la force de rappel non linéaire de cet oscillateur représente la force latérale au pied. Pour cette raison nous avons établi un programme qui traite ce type de problème, les résultats obtenus sont très pertinents par rapport aux résultats expérimentaux existants dans la littérature, un très bon accord entre l'expérience et les résultats du modèle trouvé. Dans cette étude on n'a pas pris en compte l'interaction structure piéton, pour cela nous avons listé les tâches qu'il serait intéressant d'étudier :

- Prendre en compte l'interaction structure piéton
- Etudier les oscillations verticales et longitudinales.
- Etudier un modèle du mouvement latéral des piétons plus complexe.

---

**Annexe**

```
program vibration
integer i
real, dimension (4000)::fft, acce,vite,depl
REAL C1,C3,C5,C7,C9,f,m,phi13,phi15,phi17,phi19
write(*,*)('phi13=')
read(*,*)phi13
write(*,*)('phi15=')
read(*,*)phi15
write(*,*)('phi17=')
read(*,*)phi17
Write(*,*)('phi19=')
read(*,*)phi19
write(*,*)('C1=')
read(*,*)C1
write(*,*)('C3=')
read(*,*)C3
write(*,*)('C5=')
read(*,*)C5
write(*,*)('C7=')
read(*,*)C7
write(*,*)('C9=')
read(*,*)C9
write(*,*)('m=')
read(*,*)m
write(*,*)('f=')
read(*,*)f
dt=0.001
open(1, file="fft.dat")
open(2, file="vite.dat")
open(3, file="acce.dat")
open(4, file="depla.dat")
```

```

do i=1,4000
fft(i)=C1*cos(2*3.14*f*dt*i)+C3*cos(6*3.14*f*dt*i-phi13)+C5*cos(10*3.14*f*dt*i-phi15)
+C7*cos(14*3.14*f*dt*i-phi17)+C9*cos(18*3.14*f*dt*i-phi19)
write(1,*) i*dt,fft(i)
enddo

! vitesses
do i=1,4000
vite(i)=-((1/m)*(((C1/(2*3.14*f))*sin(2*3.14*f*dt*i)+(C3/(6*3.14*f))*sin(6*3.14*f*dt*i-
phi13)&
+(C5/(10*3.14*f))*sin(10*3.14*f*dt*i-phi15)+(C7/(14*3.14*f))*sin(14*3.14*f*dt*i-
phi17)+(C9/(18*3.14*f))*sin(18*3.14*f*dt*i-phi19)))
write(2,*) i*dt,vite(i)
enddo

! accélération
do i=1,4000
acce(i)=-((1/m)*(C1*cos(2*3.14*f*dt*i)+C3*cos(6*3.14*f*dt*i-
phi13)+C5*cos(10*3.14*f*dt*i-phi15)&
+C7*cos(14*3.14*f*dt*i-phi17)+C9*cos(18*3.14*f*dt*i-phi19))
write(3,*) i*dt,acce(i)
enddo

! déplacement
do i=1,4000
depl(i)=(1/m)*(((C1/(2*3.14*f)**2)*COS(2*3.14*f*dt*i)+(C3/(6*3.14*f)**2)*cos(6*3.14*f*
dt*i-phi13)&
+(C5/(10*3.14*f)**2)*cos(10*3.14*f*dt*i-phi15)&
+(C7/(14*3.14*f)**2)*cos(14*3.14*f*dt*i-phi17)+(C9/(18*3.14*f)**2)*cos(18*3.14*f*dt*i-
phi19))
write(4,*) i*dt,depl(i)
enddo
end program vibration

```

## **Résumé**

L'objectif de cette étude est d'étudier l'interaction entre les vibrations d'un plancher léger et le bruit rayonné dans le bâtiment. Une modélisation mathématique des bruits d'impact due au déplacement des occupants sur un plancher a été menée. Pour cela, un programme en FORTRAN 6.0 a été développé pour résoudre le modèle mathématique dans le domaine physique. Afin de l'efficacité des plancher léger contre les bruit d'impact, leurs réponse sont comparés avec celle disponible dans la littérature, ainsi de proposer des solutions qui répond aux besoins de confort vibratoire dans logements collectifs. Cette étude s'inscrit dans le sens de minimiser les nuisances sonores reçues par les occupants lorsque un plancher est soumis a une source de bruit d'impact.

## **Abstract**

The objective of this study is to study correlation between vibrations of a light floor and noise beamed in the building. A mathematical modeling of the noise of impact owed to the displacement of the occupiers on a floor was led. For it, a program in FORTRAN 6.0 was developed to solve the mathematical model in physical domain. In order to the effectiveness of light floor rustles against them impact, their answer is compared with that available in literature, so to offer resolutions which meets needs of vibratory comfort in collective accommodation. This study registers in sense to minimize noise nuisances accepted by the occupiers when a floor is subjected has a source of noise of impact.