

ANNEXE 17-7 (développement du paragraphe 4-3-b)

RAPPELS DE PHYSIQUE : phénomènes vibratoires, oscillations, oscillations forcées, résonance.

Différentes fréquences du corps humain : Chaque organe du corps humain possède sa propre fréquence de résonance. Les vibrations qui nous entourent peuvent interférer et modifier le fonctionnement de l'organe, souvent de manière imperceptible. Ceci pourrait-il être à l'origine de certaines fluctuations de l'acouphène que rapportent certains patients ? on rappelle que les fréquences sonores audibles s'étagent entre 20Hz et 20.000Hz.

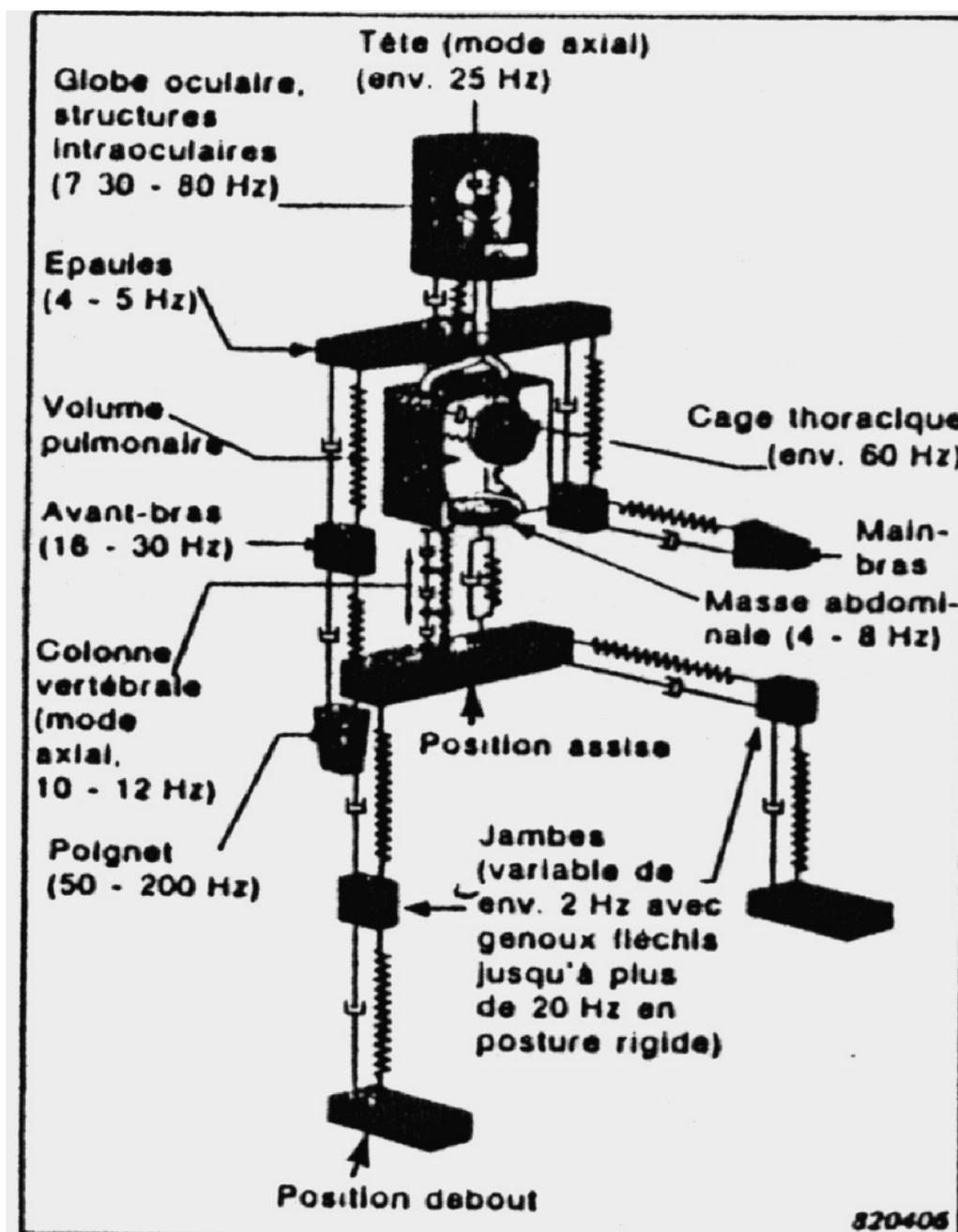


Fig. 4-3-b1 Chaque partie de l'organisme possède sa fréquence propre.

Fig. 4-3 Rappels de physique : les vibrations dues aux forces de rappel d'un système vers sa position d'équilibre ont des périodes T bien déterminées, correspondant à ce qu'on appelle la ou les fréquences propres du système. Lorsque le mouvement de celui-ci est créé ou entretenu par d'autres forces ayant elles-mêmes un caractère périodique, il prend une amplitude relativement grande au voisinage de certaines fréquences dites de résonance.

LA VOITURE

Considérons une voiture très ancienne, usagée, communément appelée « un tas de ferraille ».

Augmentons progressivement la vitesse, sur une route dure de qualité constante. Nous allons enregistrer à certaines vitesses bien définies, des vibrations de l'ensemble du véhicule qui s'estompent pour en laisser apparaître d'autres, à des fréquences parfois différentes, mais souvent des valeurs multiples (30 Km/h, 60 Km/h, 120 Km/h...par exemple), de même que pour un gyroscope.

Nous pouvons considérer que la voiture dans son ensemble est constituée de résonateurs différents associés qui entrent en résonance à des fréquences et intensités variables.

Des analogies vibratoires peuvent également être observées tant dans le domaine de l'électricité que de la radio et de l'optique.

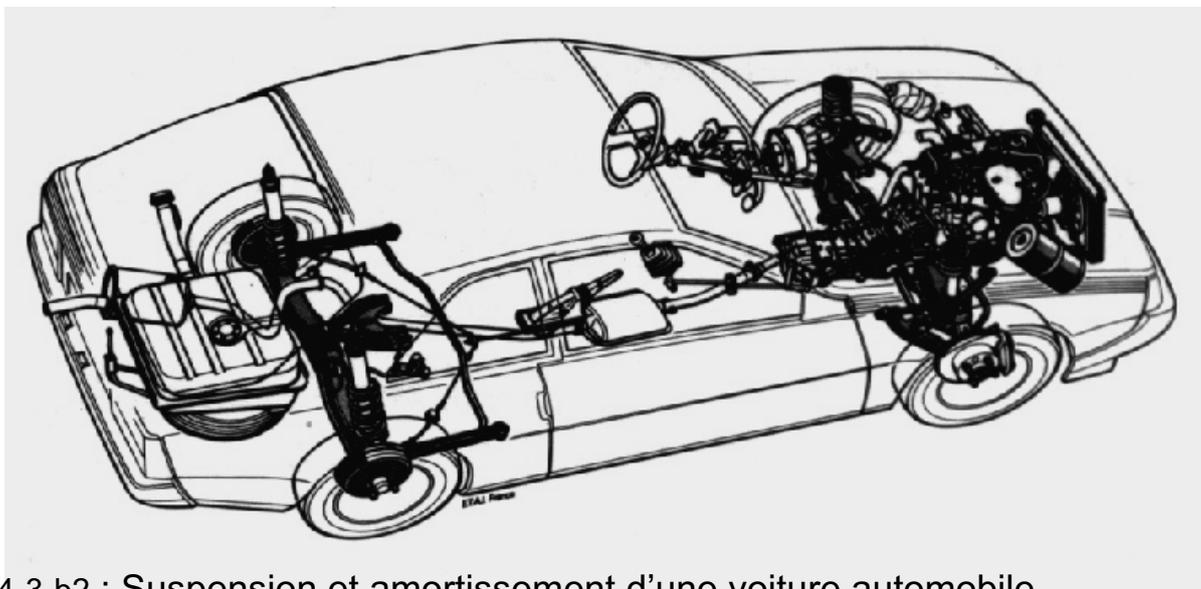


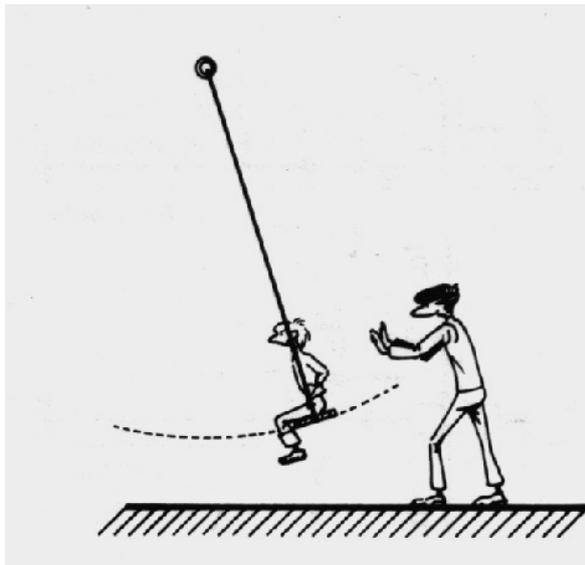
Fig. 4-3-b2 : Suspension et amortissement d'une voiture automobile.

LA BALANÇOIRE

Considérons une balançoire en mouvement

Si à chaque retour nous exerçons une force faible, mais supplémentaire, l'amplitude du mouvement va croître. La balançoire est en résonance, avec une amplitude 20 à 30 fois supérieure à celle provoquée par la première poussée au moment du repos.

Si nous exerçons des vibrations ou des pressions aléatoires sur cette balançoire (en secouant les montants par exemple ou par effets de vent), la balançoire aura une amplitude réduite.



On peut également pousser la balançoire à chaque retour, ou tous les 2 retours. On peut aussi l'exercer de chaque côté (voir chapitre 7-5-55 ce qui se passe au niveau de l'amplification de l'acouphène.

Concerne donc :

La fréquence	f
La fréquence double	$2f$
La fréquence triple	$3f$
La demie fréquence	$f/2$

Fig. 4-3-b3 : Entretien du mouvement oscillatoire d'une balançoire.

- Un lourd pendule prend un mouvement de grande amplitude si le temps qui sépare deux chocs successifs de même sens, est égal à sa période propre (f), ou à un multiple simple de celle-ci ($2f - 3f - 4f$).

- Une lame élastique, fixée horizontalement à une extrémité et pouvant effectuer des oscillations de flexion, reçoit le choc de gouttes d'eau tombant régulièrement d'un robinet. L'amplitude passe par un maximum très net pour une certaine période des chocs (phénomène de résonance).

Ces résultats s'expliquent aisément :

Le premier choc met l'oscillateur en mouvement. Abandonné à lui-même, il oscillerait avec une très petite amplitude et avec sa période propre ; mais lorsqu'il a effectué une oscillation complète, le second choc se produit dans la même direction que le premier, augmente un peu l'amplitude et, par suite, l'énergie du pendule. Les chocs successifs augmentent de plus en plus l'amplitude jusqu'à ce que l'énergie fournie par chacun des chocs soit précisément égale à celle que l'oscillateur perd pendant une oscillation complète, par suite des frottements, de la résistance de l'air, etc. ...

EXEMPLES DE VIBRATIONS FORCÉES ET DE RÉSONANCE

Intervention avantageuse ou nuisible des phénomènes de résonance

En se plaçant dans des conditions de résonance, on peut mettre en évidence, des vibrations peu perceptibles en temps normal.

Les résonateurs destinés à la mesure de la fréquence d'un phénomène sinusoïdal ou à l'analyse harmonique d'un phénomène périodique, doivent être sélectifs, c'est à dire, très peu amortis, de façon à ne donner d'indications que pour leur fréquence propre.

Signalons deux types de fréquencesmètres à lamelles, utilisables pour mesurer les fréquences inférieures à 100 Hz ((pour mesurer la fréquence d'un courant alternatif 50 périodes par exemple)). Le premier modèle est formé par une lamelle d'acier dont l'une des extrémités est libre et l'autre fixée dans un bâti, de façon qu'on puisse faire varier la longueur de la partie libre. On place le bâti au contact de l'objet vibrant, et on modifie la longueur jusqu'à obtenir la résonance. L'appareil est étalonné et la lecture de la longueur donne directement la fréquence propre.

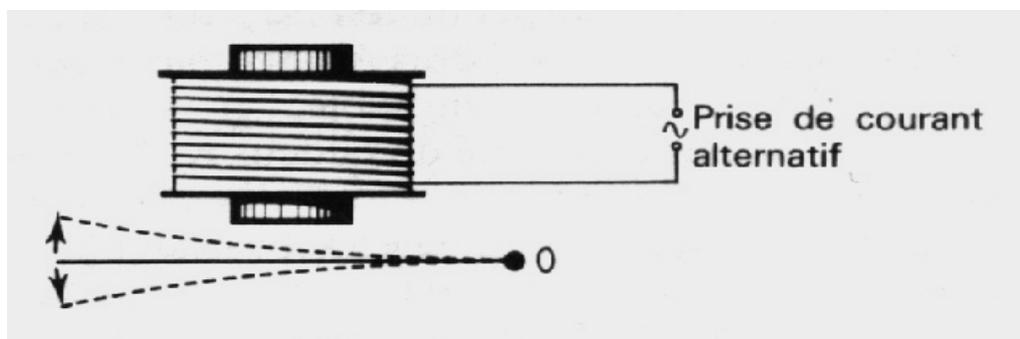


Fig. 4-3-b4 : Vibreur à entretien électrique

Le deuxième type (tachymètre de FRAHM) est formé par une boîte B, supportant une série de lamelles de fréquences propres connues et échelonnées. L'appareil étant placé contre l'objet vibrant, on observe qu'elle est la lamelle dont l'amplitude est la plus grande. Un fréquencesmètre pour courants alternatifs est fondé sur le même principe (c'est l'appareil CHAUVIN-ORNAUX).

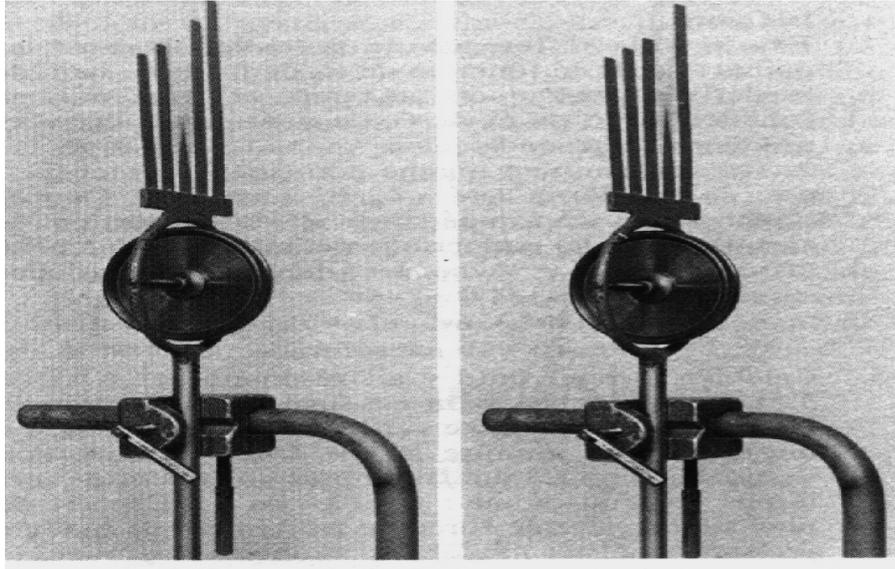


Fig. 4-3-b5 Appareil de CHAUVIN-ORNAUX
Contrôle de la fréquence du courant alternatif.

Inversement, les phénomènes de résonance peuvent transmettre au bâti d'une machine à mouvement alternatif, des vibrations ou des ondulations d'une amplitude indésirable ou même dangereuse.

Les phénomènes de résonance sous l'action d'impulsions successives sont à éviter dans certains cas : une troupe au pas, provoque sur un pont suspendu des oscillations qui peuvent devenir dangereuses et déterminer la rupture du pont (16 AVRIL 1850 : le Pont d'ANGERS).

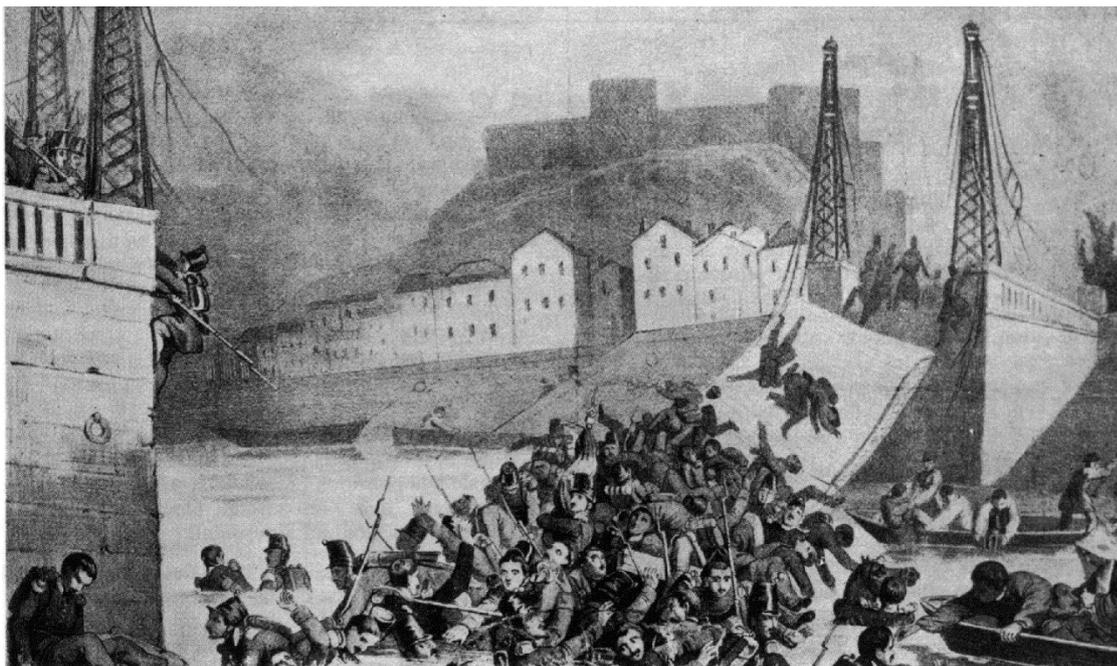


Fig. 4-3-b6 : Ecrroulement du Pont d'ANGERS sous l'effet du pas cadencé. Le règlement militaire prévoit qu'avant de parcourir un pont, la troupe doit abandonner le pas cadencé.

Plus près de nous, le 7 novembre 1940, le pont de TACOMA aux Etats Unis, inauguré trois mois plus tôt, s'est mis à vibrer pendant plus d'une heure sous l'effet de vents de 65km seulement. Il s'est entièrement déchiré et s'est écroulé : phénomènes complexes associant des oscillations et des aspects de résonance vibratoire.

De même, le roulis d'un bateau peut s'amplifier dangereusement, lorsque la houle qui agit sur lui a une fréquence égale à celle du mouvement propre du bateau.

Le support d'une machine peut avoir une période propre de vibration ; d'autre part, les organes de la machine, animés d'un mouvement de rotation ou de mouvements alternatifs, produisent des chocs périodiques qui se transmettent au support. Quand les périodes sont voisines, les vibrations du support et du sol peuvent prendre une amplitude exagérée, nuisible à la machine et aux bâtiments de l'usine.

Il en est ainsi pour un moteur, des vitesses critiques qu'il serait dangereux de maintenir longtemps (cela peut être parfois bénéfique dans certains cas (voir paragraphe 4-2b)).

Si on chante une note aiguë ((et pure)) devant un piano ouvert dont on a soulevé tous les étouffoirs en appuyant sur la pédale de droite, les cordes dont le son propre existe dans le son chanté, entrent en résonance (si le chant dure assez longtemps) et continuent à vibrer quand la voix a cessé. On constate que le chant est ainsi prolongé, avec son timbre, comme par une sorte d'écho. Cette méthode peut-être employée par la synthèse d'un son complexe.

http://www.enit.fr/perso/karl_delbe/html/Vibration/pdf/Oscillateurs-amortis-et-forces.pdf