

Connaissances de base
Dynamique des machines



Dans le génie mécanique moderne, la dynamique des machines joue un rôle prééminent. Les exigences posées par les constructions légères et l'augmentation constante de la densité de puissance exposent de plus en plus les machines à des vibrations nuisibles. La dynamique des machines offre des moyens et outils qui aident à maîtriser ces problématiques.

Qu'est-ce que la dynamique des machines?

La dynamique des machines est la discipline qui traite du mouvement d'un système en tenant compte des forces qui agissent sur ce dernier.

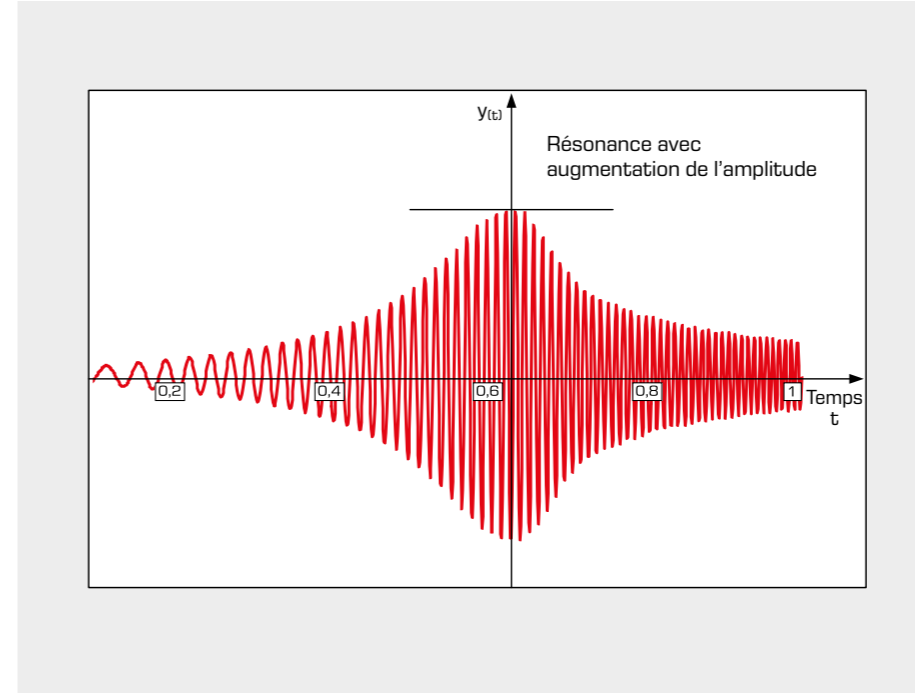
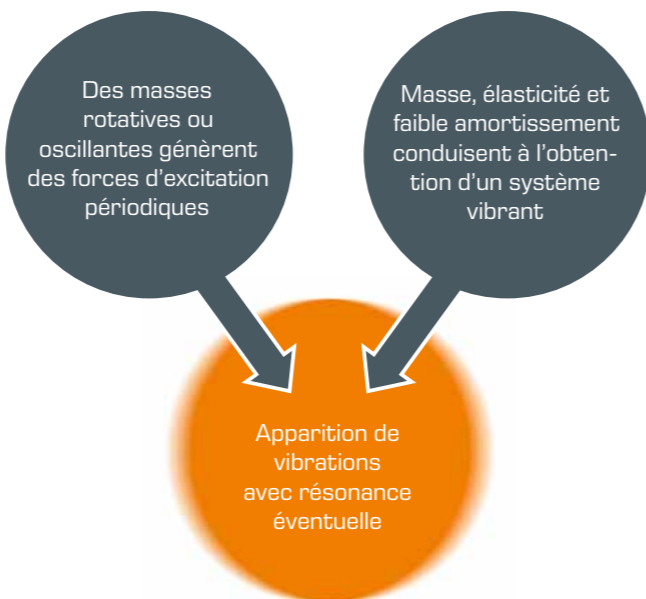
La dynamique des machines met en pratique les connaissances de la mécanique appliquée, en particulier de la dynamique, pour traiter les problèmes de machines réelles. L'action de l'inertie de masse et la présence de vibrations jouent ici un rôle important. La dynamique des machines permet de prévoir le comportement vibratoire d'une machine et de l'influencer de manière positive. Selon le cahier des charges, les vibrations peuvent être souhaitées (vibrateur, convoyeur oscillant) ou indésirables (moteurs, turbines).

Pour être en mesure d'analyser et d'évaluer les vibrations, on emploie des méthodes issues de la technique de mesure des vibrations. Il existe également des liens étroits avec les domaines de la conception mécanique, des éléments de machine ou de la technique d'entraînement.

Quand les problèmes de vibration apparaissent-ils?

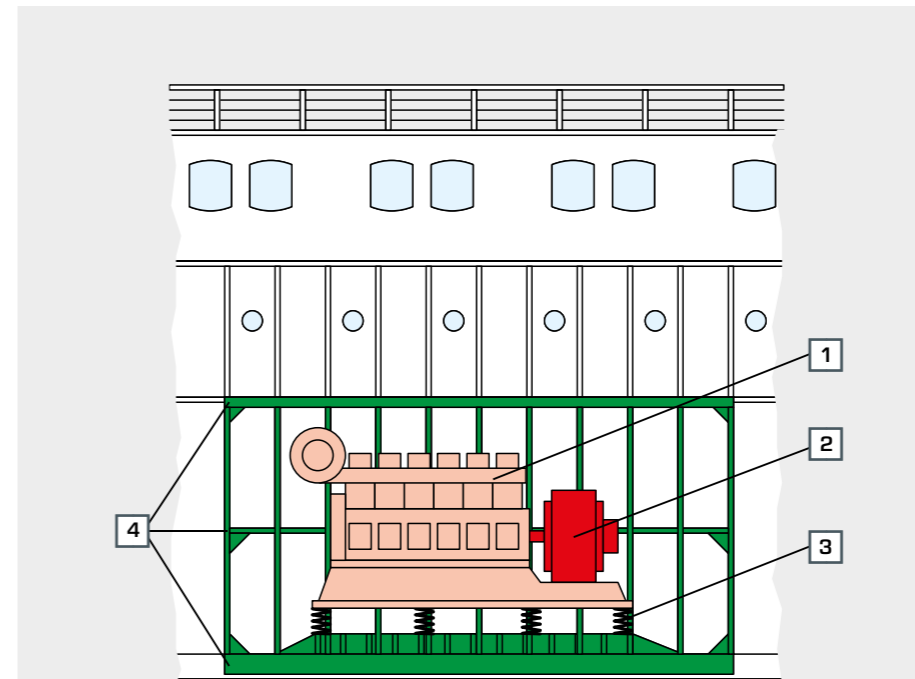
Lorsque les deux conditions suivantes sont remplies, des problèmes de vibrations sont possibles:

- forces d'excitation périodiques
- système vibrant



L'illustration montre l'augmentation des vibrations au passage de la résonance d'un système vibrant. Les amplitudes de vibration très élevées peuvent entraîner la destruction de la machine. Dans la pratique, il faut donc, au cas où elles ne peuvent être évitées, traverser rapidement ces résonances ou vitesses critiques.

Mesures visant à éviter les problèmes de vibrations



Exemple de minimisation des vibrations indésirables sur une machine de bateau:

- 1 moteur diesel équipé d'une compensation de masse,
- 2 générateur équilibré, 3 palier à ressort pour l'isolation des vibrations,
- 4 structure renforcée du bateau pour rigidification du système

Dans la mesure du possible, il faut lutter contre les vibrations à la source. Les champs d'action prioritaires sont donc les suivants:

- minimiser les forces d'excitation par la compensation des masses ou l'équilibrage
- empêcher la transmission des forces en isolant les vibrations ou en les absorbant
- réduire la capacité vibratoire du système en rigidifiant les composants, en fixant une masse supplémentaire ou en utilisant des amortisseurs

Connaissances de base

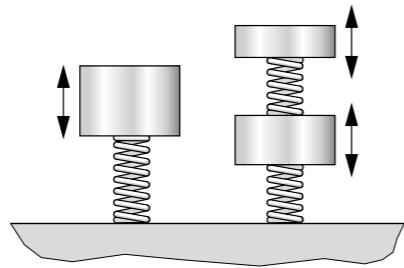
Dynamique des machines

En dynamique des machines, les machines réelles sont représentées par des modèles théoriques. Mais les machines sont souvent très compliquées et pas faciles à calculer. Par le biais de la simplification et de l'abstraction, on peut élaborer des modèles

mathématiques aussi bien pour les systèmes vibrants que pour les sources des forces d'excitation. Ces modèles mathématiques permettent de prévoir assez rapidement et facilement le comportement de la machine.

Oscillateurs linéaires avec un ou plusieurs degrés de liberté

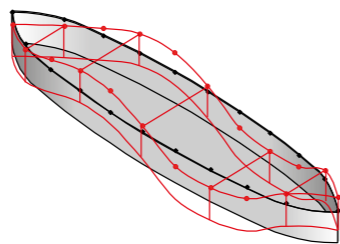
Le modèle le plus simple de système vibrant est l'oscillateur masse-ressort. On peut tirer de ce modèle de nombreux enseignements sur le comportement d'un système vibrant. La distribution de la rigidité et de la masse d'un système réel sont souvent décrites de manière satisfaisante en utilisant des masses ponctuelles concentrées et des ressorts sans inertie.



Oscillateur masse-ressort

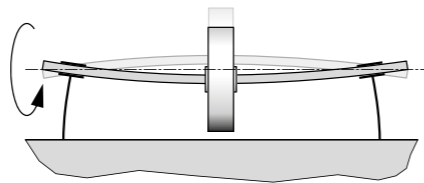
Oscillateurs continus

Des systèmes simples similaires existent pour les systèmes continus de vibrations comme la coque d'un bateau. Ici, un modèle simple de poutres donne de premières indications sur le comportement d'oscillation en cas d'excitation par la houle. Les fréquences propres et les modes propres correspondants sont ici intéressants à observer.

2^e mode propre de vibration d'une coque de bateau**Dynamique des rotors**

Les machines rotatives peuvent provoquer des vibrations sous l'effet des masses tournantes. Sur les rotors élastiques, les forces dues à la masse circulaire peuvent entraîner des flexions alternées et des résonances. De même, une rotation irrégulière peut provoquer des vibrations de torsion.

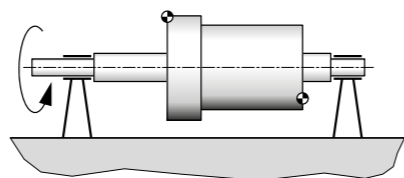
Connaître les vitesses critiques en flexion et en torsion est très important pour la construction et l'exploitation consécutive de la machine.



Arbre élastique avec disque de masse

Équilibrage de rotors

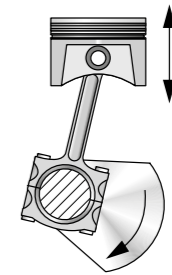
Les vibrations des machines rotatives peuvent être réduites au moyen d'équilibrages. Cela consiste à minimiser les forces d'excitation provoquées par les masses tournantes. On essaye d'ajuster le centre de gravité et l'axe d'inertie du rotor par rapport à son axe de rotation en ajoutant ou retirant des masses. Cette mesure est d'autant plus pertinente que l'équilibrage élimine la cause des vibrations.



Rotor avec points pour la compensation de masse

Machines à piston rotatif

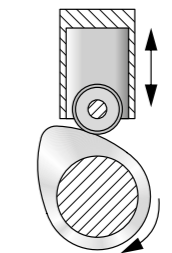
Dans les machines à piston rotatif, la dynamique des machines joue un rôle prééminent. Des forces diverses dues à la masse se forment suite au mouvement de va-et-vient et de rotation de masses de grande taille; en cas de dimensionnement inadéquat, des problèmes massifs de vibrations peuvent apparaître. La distribution des masses sur de nombreux cylindres, des rapports cinématiques adaptés et la disposition de masses de compensation permettent de maintenir les forces dues à la masse, qui en résultent à un niveau réduit. Cela permet d'obtenir un fonctionnement à vibrations limitées de la machine à piston rotatif.



Mécanisme bielle-manivelle

Commande à came

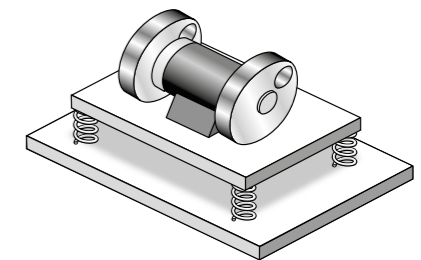
Les commandes à came sont utilisées pour transformer un mouvement de rotation dans le mouvement de va-et-vient que l'on souhaite. Les commandes à came sont utilisées comme actionneurs de soupape des moteurs ou dans les machines d'emballage. Les commandes à came mal dimensionnées produisent des accélérations élevées et des forces dues à la masse. Il en résulte bruits et vibrations. L'utilisation de la dynamique des machines permet de définir un dimensionnement qui limite au maximum les sollicitations et les vibrations.



Arbre à cames avec poussoir rond

Fondations de machine et paliers pour l'isolation des vibrations

Les fondations ou les paliers de machine sont conçus de manière à empêcher en large partie le transfert des vibrations de la machine vers son environnement. Cela évite les vibrations désagréables des bâtiments, installations ou véhicules. On parle ici d'isolation des vibrations. Avec les méthodes de la dynamique des machines, on détermine les propriétés du palier de la machine, et on calcule les effets sur l'environnement.



Excitateur à balourd sur fondation à ressort

Contenus de la dynamique des machines

Oscillateurs linéaires avec un degré de liberté	TM 150, TM 150.02, TM 155
Oscillateurs linéaires avec plusieurs degrés de liberté	TM 150, TM 140, TM 182
Vibrations des systèmes continus	HM 159.11, TM 625
Dynamique du rotor, vitesses critiques en flexion	TM 620, TM 625, PT 500.10
Technique d'équilibrage	TM 170, PT 500, PT 500.10, PT 502
Dynamique des machines de la machine à piston rotatif	TM 180, PT 500.16
Vibrations de commandes à came	GL 112
Isolation antivibratile	TM 182, TM 182.01
Technique de mesure des vibrations, principes de base de l'analyse des fréquences	PT 500 et ss., HM 159.11, TM 182
Surveillance de l'état des machines	PT 500 et ss., PT 501

GUNT propose une gamme très complète d'appareils d'essai sur le thème de la dynamique des machines. Elle s'oriente sur le programme de cours classique de dynamique des machines. En plus, des appareils sur les thèmes de la technique de mesure des vibrations et du diagnostic de machine sont également proposés.