

# COMPTEZ SUR DES EXPERTS



# Essais Vibratoires

## Normes et Contraintes

**dBVib**  
Montée de Malissol  
38200 VIENNE  
Tél. : 04-74-16-28-80  
Fax : 04-74-16-28-89



# Les essais vibratoires

Les essais vibratoires s'inscrivent dans une démarche de qualification globale d'un produit avec d'autres paramètres (température, humidité, corrosivité, ...) vis-à-vis de son environnement, que ce soit au stade de prototype ou de pièce série.

Lorsqu'un de ces paramètres est susceptible de modifier le comportement dynamique du spécimen ou sa résistance, il est alors intéressant de combiner les essais (exemple fréquent : vibrations + température).

Le but d'un essai peut varier selon la phase du développement du produit :

- Évaluation des caractéristiques de matériaux
- Identification du comportement dynamique d'une structure
- Évaluation de la résistance d'un matériel
- Qualification fonctionnelle
- ...

Un essai en vibrations nécessite de définir une spécification d'essai qui va imposer :

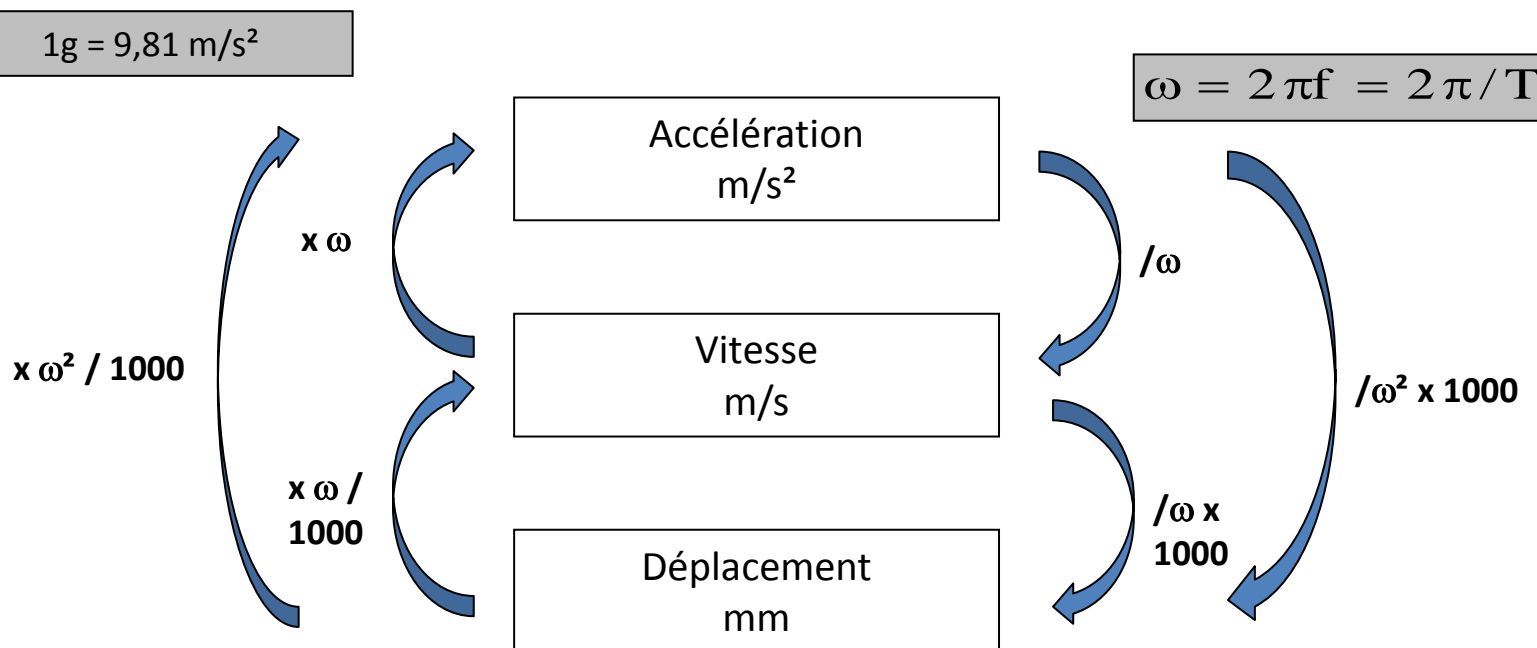
- Les caractéristiques du spécimen utiles à la définition de l'outillage et au montage
- Une méthodologie d'essai (mises en position, remplissages, mise en pression en air, huile, ...)
- Les profils de sollicitation
- Les durées d'essais
- Les mesures complémentaires (pression, force, détection de micro-coupures, ...)



# Rappels sur les vibrations

Une vibration est un petit mouvement autour d'une position d'équilibre. Nous nous plaçons donc dans le domaine dynamique où les valeurs de contraintes pourtant acceptables en statique peuvent conduire à une rupture par phénomène de fatigue.

Relations entre l'accélération, la vitesse et le déplacement en vibrations :

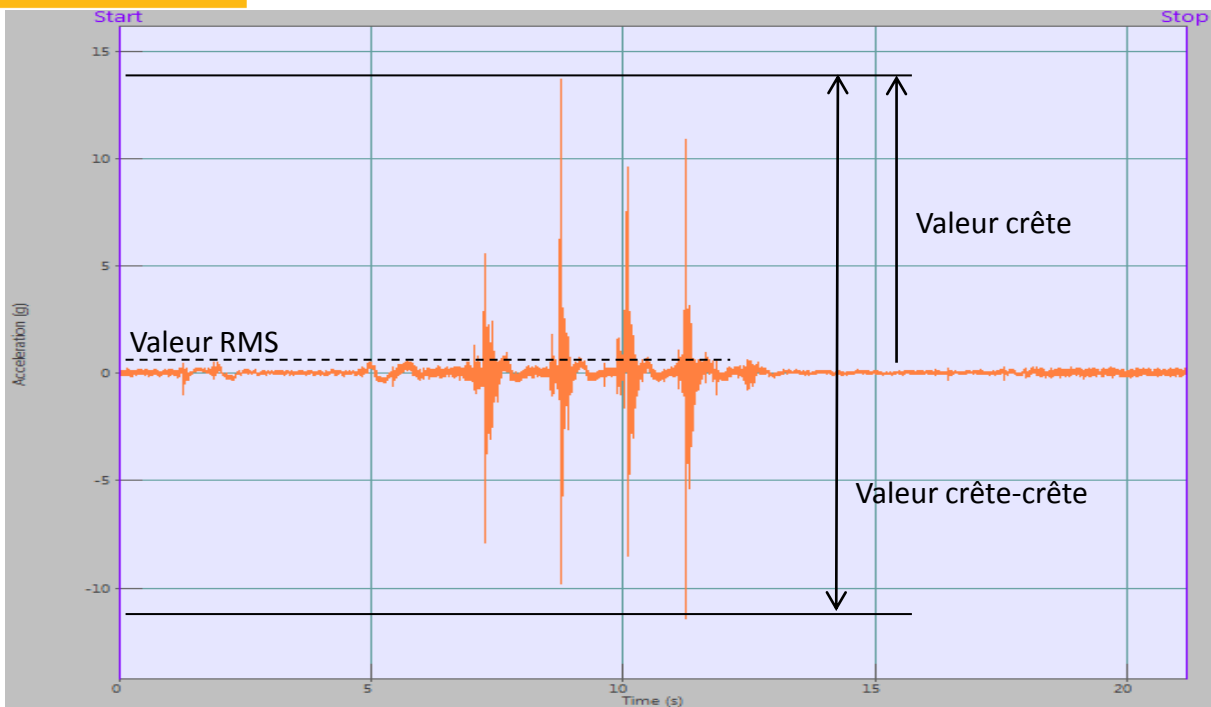


Le déplacement est générateur de contraintes ce qui concerne plutôt les basses et moyennes fréquences.

L'accélération d'une masse influencera plutôt les efforts de réaction.



# Rappels sur les vibrations

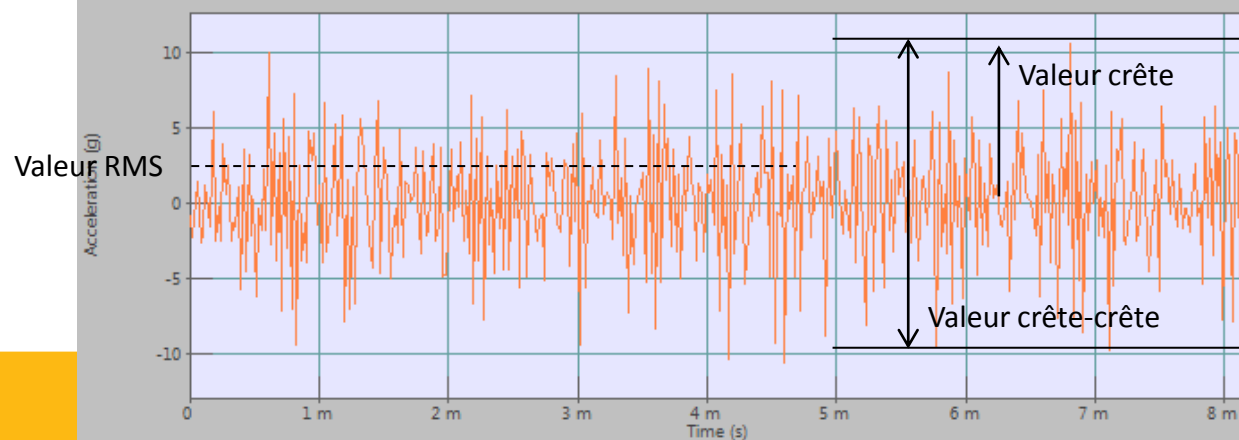


Le facteur de crête sur une période d'observation donnée est défini par le rapport de l'amplitude crête du signal sur la valeur RMS.

Pour un signal sinusoïdal, ce facteur est égal à 1,4 (racine de 2).

Pour un signal aléatoire, ce facteur est souvent fixé à 3.

En essais vibratoires, nous utilisons généralement des accélérations crête et des déplacements crête-crête.



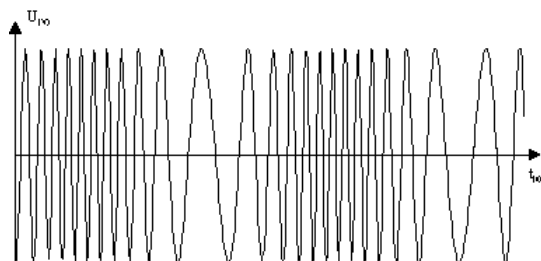




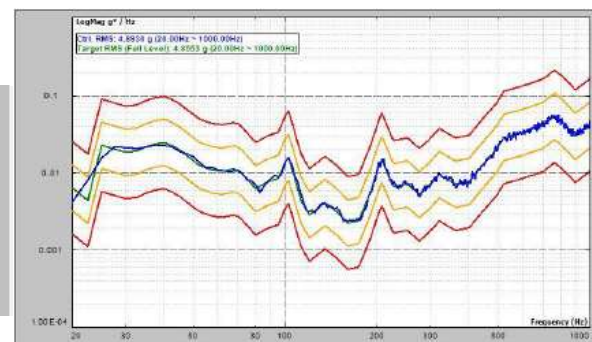
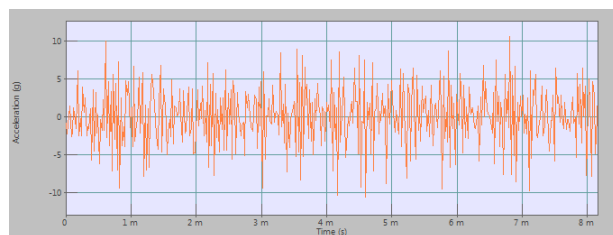
# Spécifications d'essais

Un essai vibratoire doit permettre de reproduire les effets des vibrations d'environnement subies par un spécimen au cours de sa durée de vie définie. Une sollicitation vibratoire sera définie par :

- Le type de sollicitation (balayage sinus, densité spectrale de puissance (PSD), suivi à la fréquence de résonance),



Balayage sinus



Densité spectrale de puissance

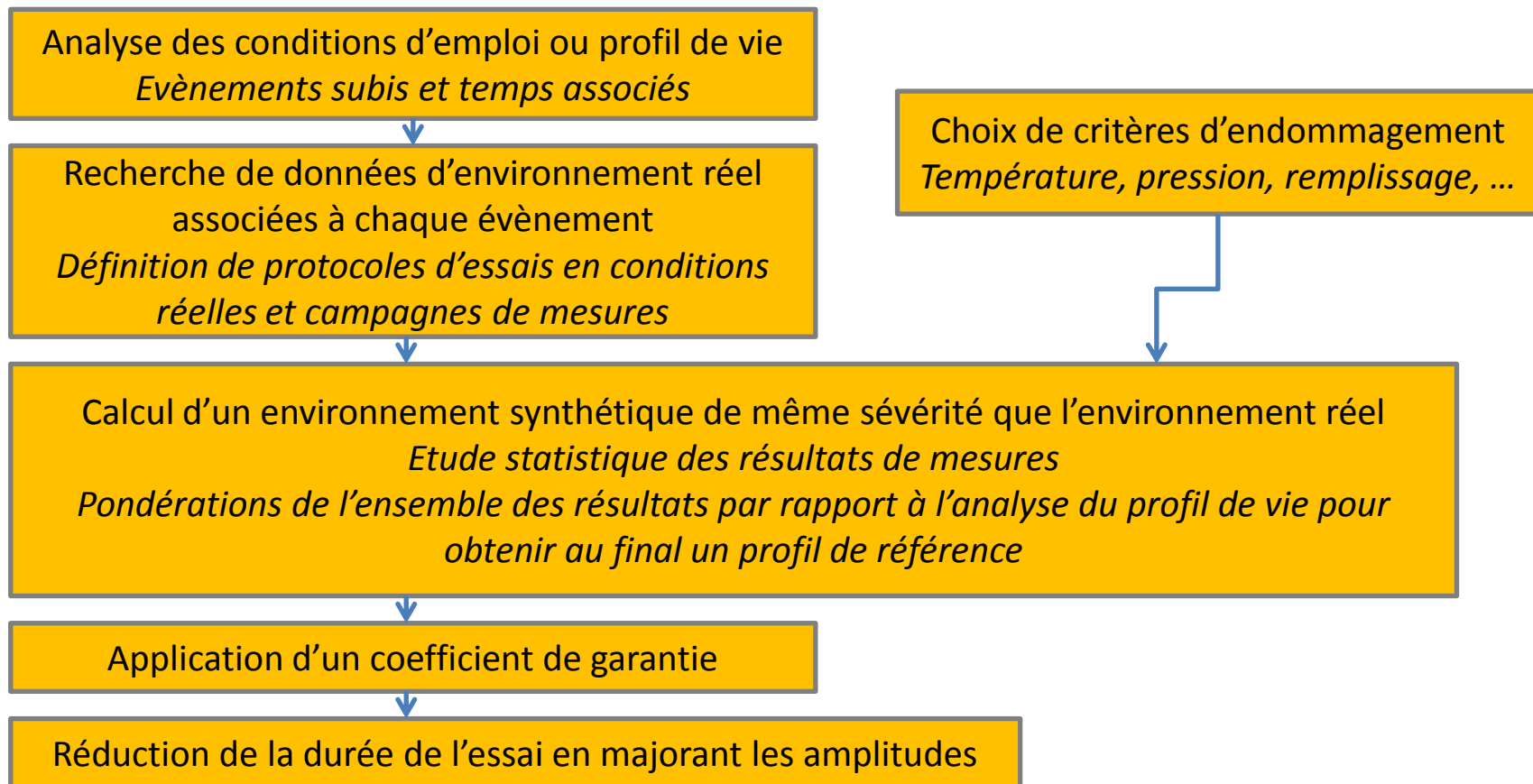
- La plage de fréquence de test,
- Les amplitudes de sollicitation en fonction des fréquences,
- La durée de l'essai.

Compte tenu des contraintes budgétaire et de planning de développement de pièces, il est nécessaire de réduire les temps d'essais autant que possible tout en garantissant le but initial de l'essai. **Nous parlerons donc de sévérisation de l'essai en se basant sur le phénomène de fatigue.**



# Spécifications d'essais

Processus de définition d'une spécification d'essai :







# Spécifications d'essais

Le processus de définition d'une spécification d'essai est long et coûteux en moyens humains, techniques et financiers. Il est possible de s'appuyer sur des normes généralistes d'essais environnementaux telles que :

- AIR 7304 « Conditions d'essais d'environnement pour équipement aéronautiques : électronique et instruments de bord »
- CEI 61373 « Applications ferroviaires – Matériel roulant – Essais de chocs et vibrations »
- RTCA DO160 « Environmental Conditions and Test Procedures for Airborne Equipment »
- MIL STD 810F « Environmental Engineering Considerations and Laboratory Tests »
- ISO 16750 « Road vehicles — Environmental conditions and testing for electrical and electronic equipment »

Dans le cas où les normes généralistes sont jugées trop ou pas assez sévères ou alors pas adaptées par rapport à l'utilisation finale, il est possible de personnaliser les spécifications d'essais par une procédure interne. Cette démarche est très utilisée dans le domaine automobile par les constructeurs.

**Quoiqu'il en soit, ces spécifications sont régulièrement mises à jour par rapport aux retours d'expérience.**



# Les limites de la sévèrisation

Le fait d'augmenter les amplitudes vibratoires pour réduire les durées d'essais présente le risque de générer des défaillances qui ne se seraient pas produites en conditions de fonctionnement normales. Le problème se pose plus particulièrement pour les assemblages faisant intervenir des plots anti-vibratiles, ressorts, pièces en mouvement, ...

Il est donc nécessaire de faire des compromis et de prendre en compte cette problématique dans la définition des spécifications.



	Verticale	Transversale	Longitudinale
Essai fonctionnel Niveau ASD (m/s <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> /Hz	8,74	7,0	1,751
Valeur efficace m/s <sup>2</sup> 10 Hz à 500 Hz	38	34	17
Essai d'endurance Niveau ASD (m/s <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> /Hz	545,2	441,2	110,3
Valeur efficace m/s <sup>2</sup> 10 Hz à 500 Hz	300	270	135
<p>NOTE 1 – Pour les essais appliqués se référer à la norme 1999.</p> <p>NOTE 2 – Si l'essai est étendu à des niveaux supérieurs, la durée de l'essai doit être réduite proportionnellement.</p>			

Norme version 1999 majorant les niveaux fonctionnels par 7.9

Figure 4 – Catégorie 3 – Montage sur essieu – Spectre ASD

	Vertical	Transverse	Longitudinal
Functional test ASD level (m/s <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> /Hz	8,74	7,0	1,751
RMS value m/s <sup>2</sup> 10 Hz to 500 Hz	38,0	34,0	17,0
Long-life test ASD level (m/s <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> /Hz	124,9	100,2	25,02
RMS value m/s <sup>2</sup> 10 Hz to 500 Hz	144	129	64,3
<p>NOTE 1 – For tests applied above, refer to the 2010 norm.</p> <p>NOTE 2 – If the test is extended to higher levels, the test duration must be reduced proportionally.</p>			

Norme version 2010 majorant les niveaux fonctionnels par 3.8

Figure 5 – Category 3 – Axle mounted – ASD spectrum

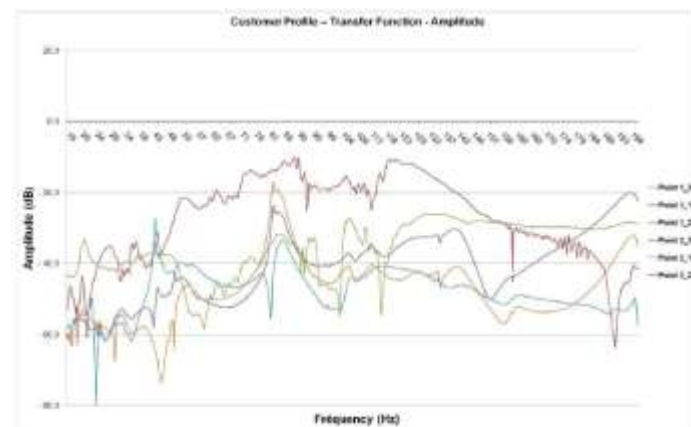


# Outillages

L'outillage d'interface a pour but de lier le spécimen testé au pot vibrant en respectant les conditions d'installation finales. La conception de cette outillage est réalisée de manière à minimiser autant que possible le risque de générer une sous ou sur sollicitation vibratoire aux points de fixation du spécimen par rapport aux niveaux spécifiés.

Nous privilégierons donc des conceptions les plus compactes possibles avec un centre de gravité le plus bas possible. La masse de l'outillage est un facteur limitant vis-à-vis des capacités de l'équipement d'essai, ce qui limite la possibilité de rigidification.

Il est possible d'appréhender cette problématique par une modélisation par éléments finis et plus généralement de qualifier le comportement dynamique de l'outillage sur le pot vibrant. Dans le cas d'outillage complexe, il est possible d'adapter la stratégie de pilotage (pilotage multipoints).





# Les essais vibratoires

## Types de tests :

- Essais fonctionnels
- Test d'endurance
- Chocs
- Débattements
- Essais combinés

## Moyens d'essais :

- Enceintes climatique
- Pots vibrants
- Circuit d'air comprimé
- Surpresseurs d'air et d'huile
- Outillage sur mesure

## Moyens de mesures :

- Accéléromètres
- Jauge de contraintes
- Capteurs d'efforts triaxiaux
- Capteurs de pression
- Capteurs de température
- Analyseurs multivoies (16-32)

