

# Distorsion et basse-réflex

*Traduction non-professionnelle avec commentaires,  
d'extraits choisis d'un texte de Klippel, par Jean Dupont*

## Présentation de la société Klippel:

Wolfgang Klippel, Klippel GmbH, Dresden, Germany, [klippel@klippel.de](mailto:klippel@klippel.de)  
(ndt la société Klippel est une société à responsabilité limitée (GmbH) basée à Dresde, en Allemagne)  
<http://www.klippel.de/company/about-us.html>

## ABOUT US

KLIPPEL is an innovative leader in providing unique test equipment for electro-acoustical transducers and audio systems. Founded in 1997 by Dr. Wolfgang Klippel, the novel techniques developed for control and measurement systems of loudspeakers and other transducers are the result of over 30 years of fundamental research. (..)

## À PROPOS DE NOUS

KLIPPEL est un leader innovant en tant que fournisseur d'équipements de test pour les haut-parleurs et les systèmes audio. De nouvelles techniques ont été développées depuis 1997 par le Dr Wolfgang Klippel pour les systèmes de contrôle et de mesure des hautparleurs et autres transducteurs sont le résultat de plus de 30 ans de recherche fondamentale. (..)



## Le texte de Klippel:

[http://www.klippel.de/fileadmin/\\_migrated/content\\_uploads/Loudspeaker\\_Nonlinearities%E2%80%93Causes\\_Parameters\\_Symptoms\\_01.pdf](http://www.klippel.de/fileadmin/_migrated/content_uploads/Loudspeaker_Nonlinearities%E2%80%93Causes_Parameters_Symptoms_01.pdf)

### Titre:

Loudspeaker Nonlinearities – Causes, Parameters, Symptoms

Non linéarité (ndt distorsion) des hautparleurs: causes, paramètres et symptômes.

## Extraits choisis: résumé et introduction:

### ABSTRACT

This paper addresses the relationship between nonlinear distortion measurements and

nonlinearities which are the physical causes for signal distortion in loudspeakers, headphones, micro-speakers and other transducers. Using simulation techniques characteristic symptoms are identified for each nonlinearity and presented systematically in a guide for loudspeaker diagnostics. This information is important for understanding the implications of nonlinear parameters and for performing measurements which describe the loudspeaker more comprehensively.(..)

## RESUME

Cet article traite de la relation entre d'une part les mesures de la distorsion de non-linéarité et d'autre part ces non-linéarités elles-mêmes qui sont les causes physiques de la distorsion du signal dans les haut-parleurs, les écouteurs, micro-haut-parleurs et autres transducteurs. En utilisant des techniques de modélisation, les symptômes caractéristiques sont identifiés pour chaque non-linéarité et présentés dans un guide pour le diagnostic des haut-parleur. Cette information est importante pour comprendre les implications des paramètres non-linéaires et pour effectuer des mesures qui décrivent le haut-parleur de manière plus globale(..)

### Mon commentaire (avis personnel):

Le modèle Thiel et Small a ses limites, à lui seul il ne permet pas de modéliser la distorsion et son lien avec les mesures de la distorsion. Klippel a complété le modèle Thiel et Small dans ce sens. Pour donner un exemple simplifié, on peut penser à  $U = R.I$  qui ne marche plus à très basse température, (ce n'est plus proportionnel, ce n'est plus linéaire) alors on recherche une nouvelle formule qui tient compte de la température. Klippel fournit des bancs de mesure de la distorsion et relie ces mesures à un modèle mathématique qui complète le modèle Thiel et Small.

## 1. INTRODUCTION

Loudspeakers and other kinds of actuators which produce sound or vibrations behave differently at small and high amplitudes. The dependency on the amplitude is an indication of nonlinearities inherent in the system. A second nonlinear effect is the generation of additional spectral components which are not in the exciting stimulus. Those components are generally integer multiples of the applied fundamentals and thus labeled as harmonic and intermodulation distortion. The results of those distortion measurements highly depends on the properties of the stimulus such as the selected frequency, amplitude and phase of the exciting tones. The results do not completely describe the large signal performance but should be understood as symptoms. This is the major difference to the small signal domain measurement results where a linear transfer function or impulse response describes the input/output relationship completely.

## 1. INTRODUCTION

Les haut-parleurs et les autres types d'actionneurs qui produisent des sons ou des vibrations se comportent différemment aux petites et grandes amplitudes. (ndt niveau SPL faible et élevé) La dépendance à l'amplitude est une indication de non-linéarités inhérentes au système. Un deuxième effet non linéaire est la génération de fréquences supplémentaires (ndt harmoniques) qui ne sont pas dans le signal en entrée. Ces composants sont généralement des entiers multiples des fréquences fondamentales appliquées et donc sont désignées comme harmonique et intermodulation. Les résultats de ces mesures de distorsion dépendent fortement des propriétés du signal en entrée telles que la fréquence, l'amplitude et la phase. Les résultats ne décrivent pas complètement les performances à niveau SPL élevé mais doivent être comprises comme des symptômes. C'est la principale différence par rapport aux résultats de mesure dans le domaine du petit signal (ndt faible niveau SPL) où une fonction de transfert ou bien la réponse impulsionnelle décrit complètement la relation entrée/sortie.

### Mon commentaire (avis personnel):

Le modèle Thiel et Small fonctionne bien à faible niveau SPL. A niveau SPL élevé, les mesures de distorsion Klippel ne doivent pas être vues comme une annonce précise de la bonne ou mauvaise

tenue de l'hautparleur en condition normale d'utilisation à niveau SPL élevé mais comme une indication des problèmes d'un hautparleur. En pratique, les bancs de mesure Klippel permettent d'écarter rapidement un prototype, par exemple lorsque qu'un fabricant d'enceinte ou de système audio souhaite l'évaluer. Par exemple, tel hautparleur sera rejeté.

En fait, pour écouter les distorsions, il suffit d'augmenter le niveau sonore jusqu'à percevoir une dégradation.

Measurements which rely on symptoms are problematic because they raise following questions: Does the measurement technique activate and detect significant symptoms of the loudspeaker nonlinearity ? Are the symptoms meaningful ? How are they related to the physical causes ?

Les mesures qui reposent sur les symptômes posent problème car elles soulèvent les questions suivantes : la technique de mesure active-t-elle et détecte-t-elle des symptômes significatifs de la non-linéarité du haut-parleur? Les symptômes sont-ils significatifs? Comment sont-ils liés aux causes physiques?

### Extraits choisis: le basse-réflex:

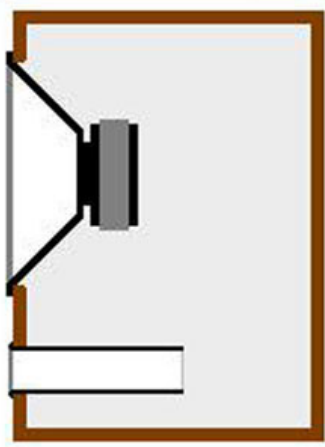


Tableau page 5 du document KLIPPEL:

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| NONLINEARITY:                 | Flow resistance $R_p(v)$ of the port in vented cabinets                                     |
| EFFECT:                       | Sound pressure inside the box is a nonlinear function of the air flow                       |
| MULTIPLIED TIME SIGNALS:      | Air velocity $v$ in the port  |
| NON-LINÉARITÉ:                | Résistance à l'écoulement $R_p(v)$ de l'évent   |
| EFFET:                        | La pression acoustique à l'intérieur du caisson est une fonction non linéaire du flux d'air |
| SIGNAUX TEMPORELS MULTIPLIÉS: | Vitesse de l'air $v$ dans l'évent   |

#### 3.1.6. Port nonlinearity

Ports in vented systems have a flow resistance which is not constant, but highly depends on the velocity  $v$  of the air inside the port [8] . At very low amplitudes the loss factor of a normal port is

very high ( $Q > 50$ ) but this value goes down to 10 and less for particle velocities above 20 m/s. The reason is that the air in the port does not vibrate as an air plug where all the air particles are bounded together. During the out-breathing phase the air is pushed in axis into the far field. In the following in-breathing phase other air particles resting around the orifice are accelerated and sucked into the port. The kinetic energy moved into the far field corresponds with the increase of the flow resistance for positive and negative air velocities as illustrated in Figure 13.

The nonlinear flow resistance  $R_p(v)$  generates low frequency components because the velocities are multiplied with each other. An asymmetry in  $R_p(v)$  caused by the geometry of the orifices generates a dc-pressure in the box which may spoil the voice coil position and cause motor distortion.

A second nonlinear mechanism is the generation of turbulences in the air flow that behave as sound sources causing broad band noise in the output signal [9], [10].

### 3.1.6. Non-linéarité de l'évent

Les événements des systèmes basse-réflex ont une résistance à l'écoulement qui n'est pas constante, mais dépend fortement de la vitesse  $v$  de l'air à l'intérieur de l'évent. A de très faibles amplitudes (ndt à faible SPL), le facteur de perte d'un port normal est très élevé ( $Q > 50$ ) mais cette valeur descend à 10 et moins pour des vitesses de particules supérieures à 20 m/s. La raison en est que l'air dans le port ne vibre pas comme un bouchon d'air où toutes les particules d'air sont liées ensemble. Pendant la phase d'expiration, l'air est poussé dans l'axe dans le champ lointain. Dans la phase d'inspiration suivante, les autres particules d'air reposant autour de l'orifice sont accélérées et aspirées dans le port. L'énergie cinétique déplacée dans le champ lointain correspond à l'augmentation de la résistance à l'écoulement pour les vitesses d'air positives et négatives, comme illustré à la figure 13. La résistance à l'écoulement non linéaire  $R_p(v)$  génère des composantes à basse fréquence car les vitesses sont multipliées les unes avec les autres. Une asymétrie dans  $R_p(v)$  due à la géométrie des événements génère une pression continue dans le boîtier qui peut perturber la position de la bobine et provoquer une distorsion. Un deuxième mécanisme non linéaire est la génération de turbulences dans le flux d'air qui se comportent comme des sources sonores provoquant un bruit à large bande dans le signal de sortie [9], [10].

#### Mon commentaire (avis personnel):

L'évent basse-réflex crée des distorsions qui augmentent quand le niveau SPL augmente. Ces distorsions sont dues à la résistance au flux d'air dans l'évent. L'évent crée des bruits de turbulences, génère des fréquences harmoniques (basses fréquences) et perturbe le déplacement de la membrane en créant un excès de pression dans le caisson.

### 6.7. Symptoms of the Port Nonlinearity

To evaluate the performance of the port the vented loudspeaker system is excited at the port resonance frequency (Helmholtz resonance) where volume velocity  $q$  is maximal but the displacement of the loudspeaker minimal. The harmonic distortion is measured in the sound pressure output at 1 m distance to get a good signal-to-noise ratio. Measurements closer to the port may be affected by air convection. To separate the effect of the port from other loudspeaker nonlinearities the displacement of the cone is also measured by using a laser system. The equivalent harmonic input distortion calculated from the sound pressure signal and the displacement become comparable, and the difference shows the contribution of the port. The third-order harmonic are usually dominant if the port geometry is symmetrical. Measurements of intermodulation distortion will not provide unique symptoms.

### 6.7. Symptômes de la non-linéarité de l'évent

Pour évaluer les performances de l'évent, le caisson basse-réflex est alimenté à la fréquence de résonance (résonance de Helmholtz) où la vitesse volumique  $q$  est maximale mais le déplacement du haut-parleur est minimal. La distorsion harmonique est mesurée en sortie à 1 m de distance pour obtenir un bon rapport signal/bruit. Des mesures plus proches de l'évent peuvent être faussées par la

convection de l'air. Pour distinguer le rôle de l'évent de celui des non-linéarités des autres haut-parleurs, le déplacement du cône est également mesuré à l'aide d'un système laser. La comparaison entre la distorsion harmonique calculée à partir du déplacement de la membrane (ndt mesure laser) et la distorsion effectivement mesurée donne une différence qui montre la contribution de l'évent à la distorsion totale. Les harmoniques de troisième ordre sont généralement dominantes si la géométrie du port est symétrique. Les mesures de la distorsion d'intermodulation ne révèlent pas un symptôme unique.

Mon commentaire (avis personnel):

Klippel mesure la distorsion harmonique causée par l'évent en utilisant la formule :

$$\text{Distorsion de l'évent} = \text{distorsion totale mesurée} - \text{distorsion calculée de la membrane.}$$

Il n'est pas possible de mesurer directement la distorsion causée par l'évent à cause du déplacement de l'air.

Mon commentaire de conclusion (avis personnel):

L'attention portée par Klippel aux distorsions causées par le basse-réflex souligne qu'il ne s'agit pas d'un point négligeable, bien au contraire.

Pour réduire les distorsions causées par le basse-réflex, on peut réduire le niveau SPL, par exemple en choisissant une position d'écoute plus près des enceintes. On peut aussi obstruer les événements. Il s'agit alors de passer à une charge close et de corriger le signal pour augmenter le niveau des basses fréquences et ci-nécessaire corriger la phase. Un égaliseur logiciel 31 bandes sur un PC assurant une lecture dématérialisée permet souvent de rapidement apprécier l'obstruction des événements à condition toutefois de trouver les bonnes valeurs de correction.

