

# LNG 2400



## Cours 2

### Sommaire de la rencontre

Retour sur la semaine dernière

1. Amplitude, fréquence : pourquoi les échelles en dB et en octaves
2. Les types de signaux
3. Quelle est l'utilité de savoir mesurer des signaux simples alors qu'on est entouré de signaux complexes?  
(Pause)
4. La caractérisation des « systèmes » linéaires 1: réponse d'amplitude, réponse de fréquence

## Rappel...

### Un paramètre n'est pas une unité de mesure !!!

- Seulement 4 paramètres pour le signal « son » mais une variété d'unités de mesure :

<i>Paramètres</i>	<i>unités de mesure</i>
• <i>fréquence <math>f</math></i>	<i>Hz, cycles par seconde</i>
• <i>amplitude <math>A</math></i>	<i>volts, mm, Pa, etc.</i>
• <i>temps <math>t</math></i>	<i>ms, <math>\mu</math>s, secondes</i>
• <i>phase <math>w</math></i>	<i>degrés, radians</i>

## 1. Amplitude, fréquence:

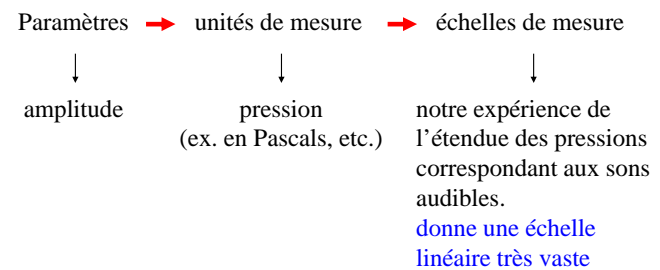
pourquoi les échelles de mesures en dB et en octave ?

Ex. on applique au quotidien des échelles pour des mesures objectives et ces échelles sont choisies selon notre expérience de la réalité –

- « Québec est à environ 240 km de Montréal »
- « Québec est à environ 240,000,000 de mm de Montréal » (!)
- « Québec est à deux heures de route de Montréal »

## 1. Amplitude, fréquence:

pourquoi les échelles de mesures en dB ?



*Dans le cas de l'amplitude d'un son, si nous référons à la pression du signal...*

## 1. Amplitude, fréquence:

pourquoi les échelles de mesures en dB

Par exemple:

La pression correspondant au son d'un métro qui passe devant nous  $\rightarrow P_{obs} = 100,000$

La pression correspondant au son le plus faible que l'on peut entendre  $\rightarrow P_{ref} = 1$

### Deux raisons pour avoir recours à une échelle logarithmique :

- ☞ l'échelle linéaire est trop vaste
- ☞ l'échelle logarithmique est une meilleure approximation de la façon dont on juge l'intensité des sons entendus

## 1. Amplitude, fréquence:

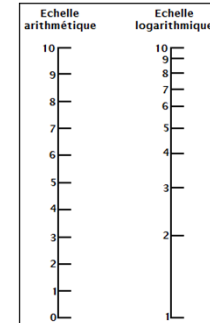
pourquoi les échelles de mesures en dB

*Qu'est-ce qu'un log à base 10?*

-- combien de fois faut-il exposer 10 pour avoir x...?

$10^x$  pour avoir x

$\log_{10} 1,000,000 = 6$
$\log_{10} 100,000 = 5$
$\log_{10} 10,000 = 4$
$\log_{10} 1,000 = 3$
$\log_{10} 100 = 2$
$\log_{10} 10 = 1$
$\log_{10} 1 = 0$



## 1. Amplitude, fréquence:

pourquoi les échelles de mesures en dB

*Qu'est-ce que l'échelle dB appliquée à la pression (ou le voltage de sortie d'un micro) ?*

-- c'est le logarithme du ratio entre une pression observée  $P_{obs}$  et une pression de référence  $P_{ref}$  multiplié par 20.

$$\text{dB} : 20 \log \frac{P_{obs}}{P_{ref}} \quad \leftarrow \text{ratio}$$

Ex. du métro avec un rapport de 100,000 : 1  $\quad 20 \log 100,000/1 = 20 \times 5 = 100 \text{ dB}$  calculatrice?

## 1. Amplitude, fréquence:

pourquoi les échelles de mesures en dB

*Qu'est-ce que l'échelle dB SPL ?*

-- c'est le logarithme du ratio multiplié par 20, mais dans le cas du **dB SPL** (*sound pressure level*) la pression de référence correspond au seuil minimal d'audition d'un son de 1000 Hz, soit 20  $\mu\text{Pa}$ .

$$\text{dB} : 20 \log \frac{P_{obs}}{20 \mu\text{Pa}}$$

C'est quoi la pression?  
Qu'est-ce qu'un Pascal ?  
 $20 \mu\text{c}$  est combien ?

## 1. Amplitude, fréquence:

pourquoi les échelles de mesures en dB

### Qu'est-ce qu'un Pascal?

Une unité de mesure de pression, pas la seule, ni la plus tangible.

**La pression : une force exercée sur une surface**  
(pression = force/surface)

Force ? Définition classique :

- force = masse x accélération, en  $N$  (Newton)

$1 N = c'est\ la\ quantité\ de\ force\ nécessaire\ pour\ accélérer\ une\ masse\ d'un\ kilo\ de\ 0\ m/s\ à\ 1\ m/s\ dans\ 1\ s.$  ☹ \*\$&?!

• pression = force/surface  
 $1 Pa = 1 N/m^2$

## 1. Amplitude, fréquence:

pourquoi les échelles de mesures en dB

...soyons plus tangible, puisque la gravité est aussi une force,

$1 N = 102\ g$  (une pomme, comme celle qui tomba sur la tête de Newton, peut peser 102 g !)

donc,  $1 Pa = 102\ g/m^2$  ; ou  $.1\ g/cm^2$

$20\ \mu Pa = .00002\ Pa$

seuil d'audition correspond à une pression équivalent à  $.00002\ x\ .1\ g/cm^2$  ou  $.000002\ g/cm^2$  !



Autres mesures de pression ?

## 1. Amplitude, fréquence:

pourquoi les échelles de mesures en dB

Quelques points de repère pour les dB en SPL  
(pression de référence: 20  $\mu Pa$ )

0 dB seuil de l'audition normale  
20 dB bruissement de feuilles  
30 dB chuchotement à env. 1 mètre  
60 dB conversation  
75 dB cris à environ 1 mètre  
100 dB métro qui arrive (Toronto!)  
120 dB avion à réaction à 2 mètres  
130 dB seuil de la douleur

## 1. Amplitude, fréquence:

pourquoi les échelles de mesures en dB

### À retenir :

- Un doublment de la pression associé à un son correspond à une augmentation de **6 dB**      $dB : 20 \log 40\ \mu Pa$   
 $20\ \mu Pa$
- Une réduction de moitié de la pression correspond à une diminution de **-6 dB**
- Une réduction à 70.7 % correspond à une diminution de **-3 dB**
- Pour le reste... utilisez une calculatrice

## 1. Amplitude, fréquence:

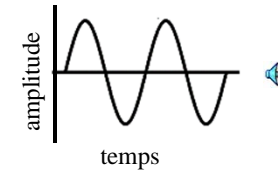
pourquoi les échelles de mesures en octave ?

Étendue des fréquences perçues: de 20 Hz à 20 kHz env.

- 1 octave = un doublement de la fréquence  
ex. de 250 Hz à 500 Hz = 1 octave
- les fréquences en octaves 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Hz sont particulièrement importantes en audiométrie tonale...
- En musique, une gamme complète = un octave (d'un « do » à l'autre).  
Par ex.: sur un clavier, la plus basse note (A0) correspond à 27.5 Hz. Sept clés à droite, la note A1 correspond à 55 Hz.

## 2. Les types de signaux

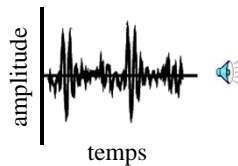
Jusqu'à maintenant: des signaux **périodiques simples**, issus du mouvement vibratoire sinusoïdal d'un objet .



mais il y en a d'autres...

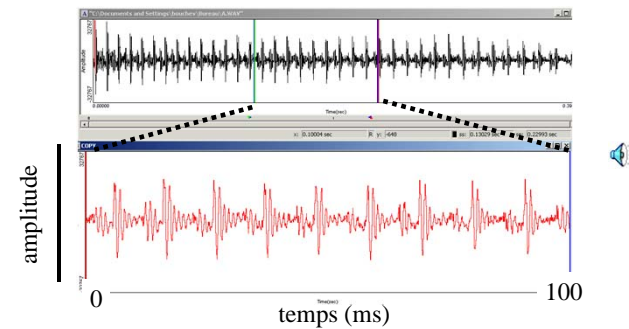
## 2. Les types de signaux

Des signaux **périodiques complexes** : la parole



Portion de la voyelle [a]

## 2. Les types de signaux

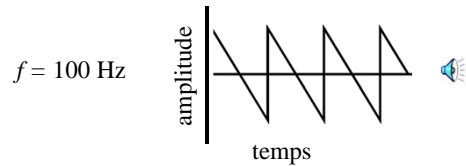


Quelle est la durée approximative de la période?

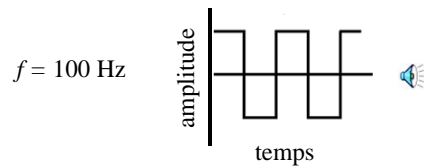
Quelle est la fréquence de ce signal?

## 2. Les types de signaux

Des signaux **périodiques complexes** : onde triangulaire

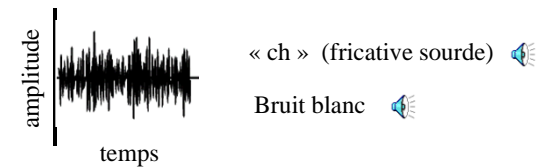


Des signaux **périodiques complexes** : onde carrée



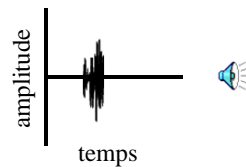
## 2. Les types de signaux

Des signaux **apériodiques continus** (les bruits)

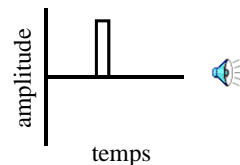


## 2. Les types de signaux

Des signaux **apériodiques discontinus** (les transitoires)  
« ch » coupé



Clic par compression (impulsion)



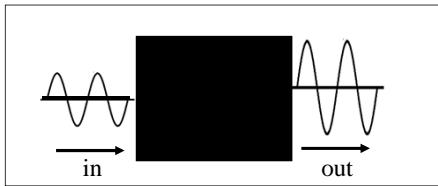
## 3. Quelle est l'utilité de savoir mesurer des signaux simples alors qu'on est entouré de signaux complexes?

- Tous les signaux, peu importe leur complexité, peuvent se construire et s'analyser en termes de signaux simples sinusoïdaux (*théorème de Fourier*).
- Tous les « systèmes » (outils de mesures, de collecte, le fonctionnement de résonateurs, de mécanismes de l'ouïe, etc.) s'analysent à partir de leurs réponses à des signaux simples préalablement mesurés en termes de leurs *amplitudes*, de leurs *fréquences* et de leurs *phases*.

#### 4. La caractérisation des «systèmes» linéaires 1: réponse d'amplitude, réponse de fréquence

La notion de « système » ?  
C'est la boîte noire...

On cherche à déterminer sa fonction (son effet) en mesurant un signal de sortie (*out*) par rapport à un signal d'entrée (*in*)



#### 4. La caractérisation des «systèmes» linéaires (1)

Exemples de « systèmes »?

- Toutes les masses ayant une élasticité permettant la vibration
- Toutes les composantes électriques incluant tous les instruments en phonétique comme les micros, les magnétos, les haut-parleurs, les écouteurs, etc.
- Toute partie d'un organisme où l'on peut mesurer une entrée et une sortie, et cela inclut les parties périphériques de notre anatomie qui servent à la production et à la perception de la parole.

#### 4. La caractérisation des «systèmes» linéaires (1)

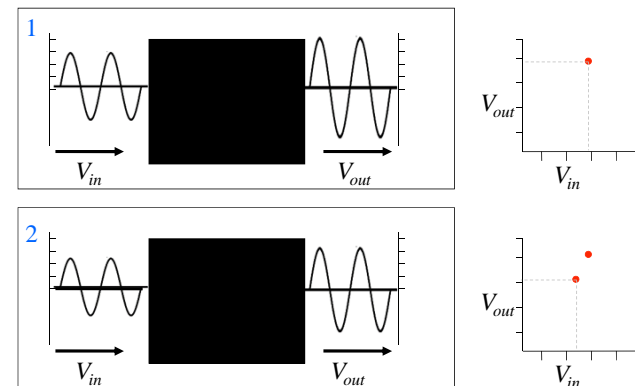
Caractéristiques centrales des systèmes **linéaires**:

- Ils **n'altèrent pas la fréquence du signal d'entrée** (ils sont constants au niveau des temps du signal)
- Ils maintiennent une proportion d'amplitude entre le signal d'entrée et le signal de sortie (propriété d'**homogénéité**)

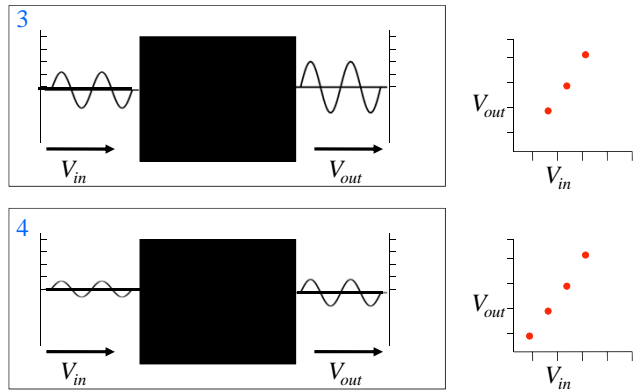
*Un système peut être linéaire pour certains signaux et non linéaire pour d'autres*

#### 4. La caractérisation des «systèmes» linéaires (1)

Ex. réponse en amplitude d'un système inconnu pour une fréquence choisie:



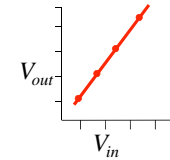
#### 4. La caractérisation des «systèmes» linéaires (1)



#### 4. La caractérisation des «systèmes» linéaires (1)

Réponse en amplitude: une proportion pour une fréquence donnée

Ici: proportion de 3:4, donc un « amplificateur »



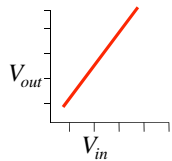
$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \text{constante}$$

Exprimé en dB:  
 $20 \log 4/3$   
 $= 20 \times .125$   
 « gain » = 2,5 dB

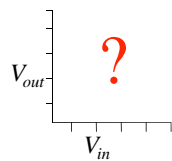
#### 4. La caractérisation des «systèmes» linéaires (1)

Réponse en amplitude: une proportion pour une fréquence donnée

À quoi ressemblerait le graphique d'un « atténuateur »?



« amplificateur »

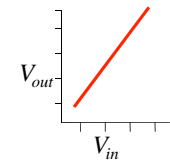


« atténuateur »

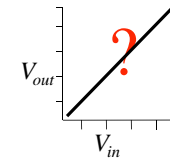
#### 4. La caractérisation des «systèmes» linéaires (1)

Réponse en amplitude: une proportion pour une fréquence donnée

À quoi ressemblerait le graphique pour un bon micro?



« amplificateur »



« micro »

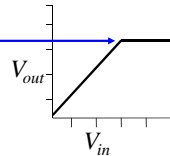
Ratio en dB pour un bon micro :  $20 \log V_{out}/V_{in} = ???$

#### 4. La caractérisation des «systèmes» linéaires (1)

Voici une réponse d'amplitude non linéaire pouvant apparaître pour tout outil de collecte et d'écoute.

- Pourquoi dit-on qu'il y a «saturation» du système dans ce cas?
- À quoi ressembleraient les ondes sinusoïdales de sortie pour des ondes d'entrée avec des amplitudes croissantes?

limite du système,  
ex. d'une non-  
linéarité à ce point

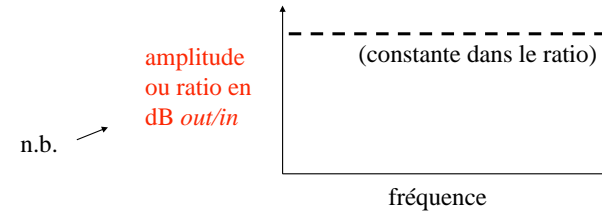


#### 4. La caractérisation des «systèmes» linéaires (1)

Réponse en fréquence d'un système:

S'établit en déterminant les réponses d'amplitude (linéaires ou proportionnelles aux amplitudes d'entrée) pour chaque fréquence entrée dans le système.

Réponse d'un système idéal

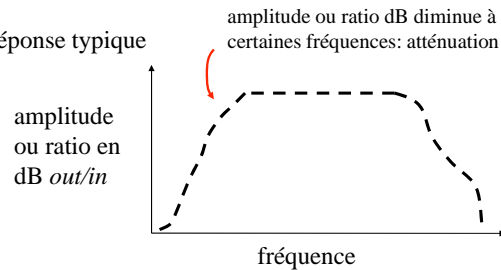


#### 4. La caractérisation des «systèmes» linéaires (1)

Réponse en fréquence d'un système:

S'établit en déterminant les réponses d'amplitude (linéaires ou proportionnelles aux amplitudes d'entrée) pour chaque fréquence entrée dans le système.

Courbe de réponse typique

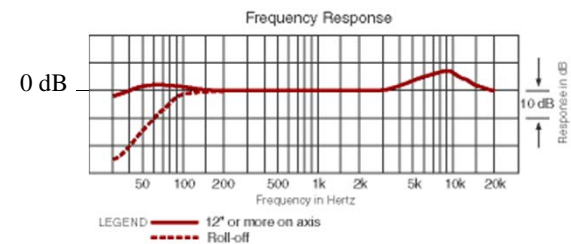


#### 4. La caractérisation des «systèmes» linéaires (1)

Exemple réel d'un instrument (micro)

<http://audio-technica.com/prodpro/profiles/AT803b.html>

Courbe de réponse réelle

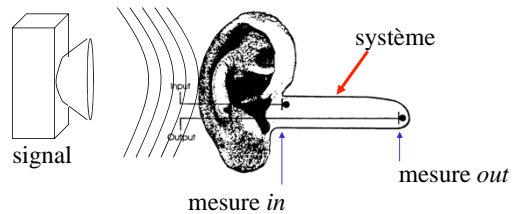




#### 4. La caractérisation des «systèmes» linéaires (1)

Exemples d'application d'une approche par système  
(comme nous le verrons) :

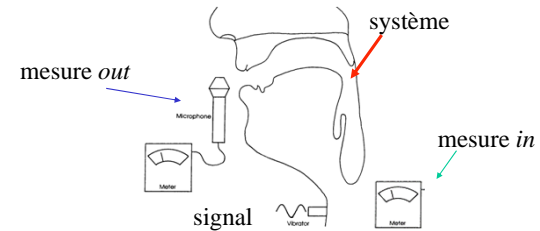
Quelle serait la courbe de réponse (fonction), de l'oreille externe?



#### 4. La caractérisation des «systèmes» linéaires (1)

Exemples d'application d'une approche par système  
(comme nous le verrons) :

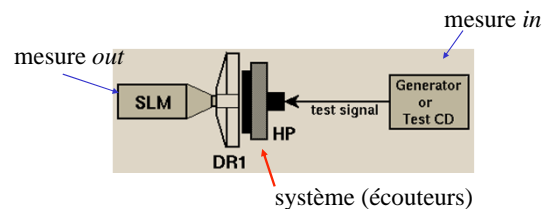
Quelle serait la courbe de réponse (fonction), des cavités du conduit oral?



#### 4. La caractérisation des «systèmes» linéaires (1)

Exemples d'application d'une approche par système  
(comme nous le verrons) :

Quelle serait la courbe de réponse, de votre micro, de vos écouteurs, etc.?



#### En somme...

- Les échelles: dB, octave, des applications au-delà de la description des sons!
- Les paramètres des ondes simples périodiques: outils essentiels si on veut construire et analyser tous les types de signaux
- L'approche par « système »: une approche applicable tant à la parole et à l'ouïe qu'aux instruments de collecte et d'analyse. On ne peut étudier les processus de communication orale sans...