

Électronique – TP 5

Filtrage et analyse spectrale

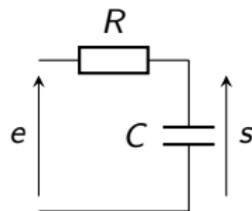
Langevin-Wallon, PTSI 2017-2018

Objectifs

- Déterminer la résolution (nombre de bits) d'une conversion analogique-numérique ;
- Effectuer l'analyse spectrale d'un signal périodique à l'aide d'une carte d'acquisition ;
- Choisir façon cohérente la fréquence d'échantillonnage et la durée totale d'une acquisition ;
- Utiliser une échelle logarithmique ;
- Élaborer un signal électrique analogique périodique simple à l'aide d'un GBF ;
- Visualiser un signal électrique et réaliser des mesures à l'oscilloscope.

I - Diagramme de Bode

Construire le diagramme de Bode en gain du filtre RC.



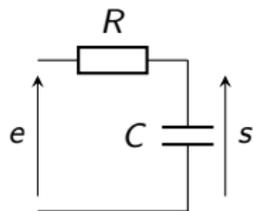
Quel signal d'entrée choisir ?

Quelles grandeurs mesurer ?

Quelles fréquences choisir ?

I - Diagramme de Bode

Construire le diagramme de Bode en gain du filtre RC.



Quel signal d'entrée choisir ?

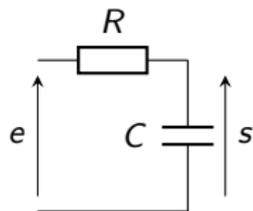
Harmonique de fréquence variable.

Quelles grandeurs mesurer ?

Quelles fréquences choisir ?

I - Diagramme de Bode

Construire le diagramme de Bode en gain du filtre RC.



Quel signal d'entrée choisir ?

Harmonique de fréquence variable.

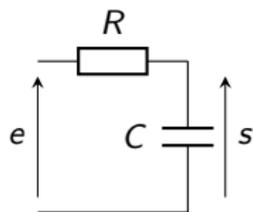
Quelles grandeurs mesurer ?

$$|H| = \left| \frac{S}{E} \right| = \frac{S_m}{E_m}$$

Quelles fréquences choisir ?

I - Diagramme de Bode

Construire le diagramme de Bode en gain du filtre RC.



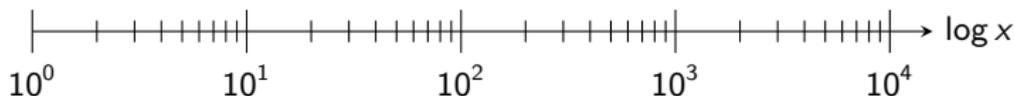
Quel signal d'entrée choisir ?

Harmonique de fréquence variable.

Quelles grandeurs mesurer ?

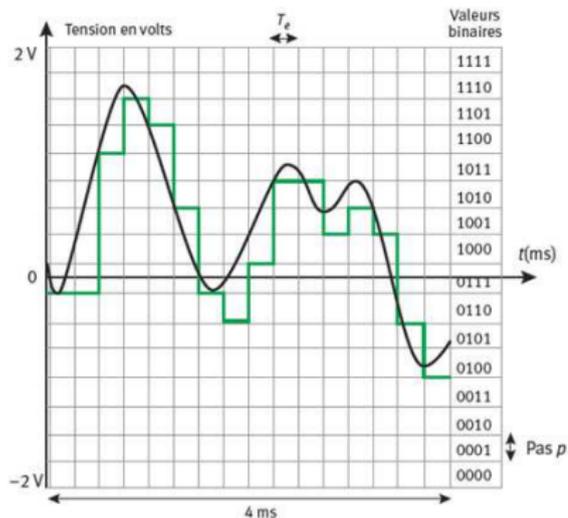
$$|H| = \left| \frac{S}{E} \right| = \frac{S_m}{E_m}$$

Quelles fréquences choisir ?



II - Analyse spectrale d'un signal : conversion analogique numérique

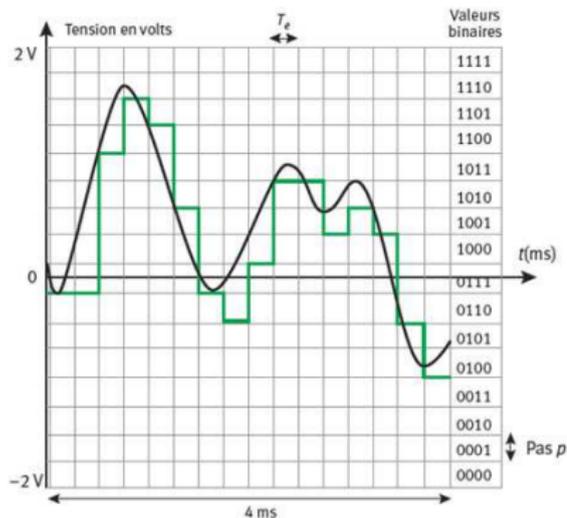
Numériser un signal analogique implique une double discrétisation.



- En temps : **échantillonnage** ;
 \rightsquigarrow période d'échantillonnage T_e .
- En valeurs possibles :
quantification.
 \rightsquigarrow pas de quantification p .

II - Analyse spectrale d'un signal : conversion analogique numérique

Numériser un signal analogique implique une double discrétisation.



- En temps : **échantillonnage** ;
 \rightsquigarrow période d'échantillonnage T_e .
- En valeurs possibles :
quantification.
 \rightsquigarrow pas de quantification p .
- Le pas de quantification est relié au calibre C et à la résolution n

$$p = \frac{2C}{2^n}.$$

II - Analyse spectrale d'un signal : conversion analogique numérique

Proposer et mettre en œuvre un protocole permettant de mesurer le pas de quantification puis la résolution de la carte d'acquisition.

II - Analyse spectrale d'un signal : conversion analogique numérique

Proposer et mettre en œuvre un protocole permettant de mesurer le pas de quantification puis la résolution de la carte d'acquisition.

- Générer une tension continue à l'oscilloscope et l'acquérir sous LatisPro.
- Le pas de quantification est donné par les plus petites fluctuations de cette tension autour de sa valeur moyenne.
- Observer d'abord le phénomène en zoomant, puis réaliser la mesure du pas à l'aide du tableur (notice paragraphe **C** ... ou touche F11).

II - Analyse spectrale d'un signal : paramètres d'acquisition

Générer et acquérir une tension crête-à-crête de fréquence $f = 333$ Hz.
Afficher son spectre de Fourier.

T_e f_e	1 ms	1 ms	100 μ s	100 μ s	10 μ s	10 μ s
Nombre de points	256	2048	256	2048	256	2048
Durée d'acquisition Δt Fréquence $1/\Delta t$						
Résolution						
Fréquence max						

II - Analyse spectrale d'un signal : paramètres d'acquisition

Générer et acquérir une tension crête à crête de fréquence $f = 333$ Hz.
Afficher son spectre de Fourier.

T_e f_e	1 ms	1 ms	100 μ s	100 μ s	10 μ s	10 μ s
Nombre de points	256	2048	256	2048	256	2048
Durée d'acquisition Δt Fréquence $1/\Delta t$						
Résolution						
Fréquence max						

La résolution du spectre est égale à l'inverse de la durée d'acquisition.
La fréquence maximale du spectre est égale à la fréquence d'échantillonnage.

II - Analyse spectrale d'un signal : paramètres d'acquisition

Générer et acquérir une tension crête à crête de fréquence $f = 333$ Hz.
Afficher son spectre de Fourier.

T_e f_e	1 ms	1 ms	100 μ s	100 μ s	10 μ s	10 μ s
Nombre de points	256	2048	256	2048	256	2048
Durée d'acquisition Δt Fréquence $1/\Delta t$						
Résolution						
Fréquence max						

La résolution du spectre est égale à l'inverse de la durée d'acquisition.
La fréquence maximale du spectre est égale à la fréquence d'échantillonnage.

Conséquence de la numérisation.

II - Analyse spectrale d'un signal : paramètres d'acquisition

Générer et acquérir une tension créneau de fréquence $f = 333$ Hz.
Afficher son spectre de Fourier.

Décomposition de Fourier d'un créneau compris entre $-E$ et E :

$$s(t) = \frac{4E}{\pi} \left[\sin(\omega t) + \frac{1}{3} \sin(3\omega t) + \frac{1}{5} \sin(5\omega t) + \dots \right]$$

Théorème de Shannon-Nyquist :

Numériser convenablement un signal exige
que la fréquence d'échantillonnage f_e soit supérieure au double
de la fréquence maximale f_{\max} contenue dans le spectre de ce signal.

$$f_e > 2 f_{\max} .$$

II - Analyse spectrale d'un signal : paramètres d'acquisition

En pratique : contraintes antagonistes car le nombre de points N est limité.

	Points séparés T_e grand	Points resserrés T_e faible
		
		

II - Analyse spectrale d'un signal : paramètres d'acquisition

En pratique : contraintes antagonistes car le nombre de points N est limité.

	Points séparés T_e grand	Points resserrés T_e faible
	$\Delta t = NT_e$ grand bonne résolution du spectre	
		

II - Analyse spectrale d'un signal : paramètres d'acquisition

En pratique : contraintes antagonistes car le nombre de points N est limité.

	Points séparés T_e grand	Points resserrés T_e faible
	$\Delta t = NT_e$ grand bonne résolution du spectre	$f_e = 1/T_e$ élevé spectre fidèle à haute fréquence
		

II - Analyse spectrale d'un signal : paramètres d'acquisition

En pratique : contraintes antagonistes car le nombre de points N est limité.

	Points séparés T_e grand	Points resserrés T_e faible
	$\Delta t = NT_e$ grand bonne résolution du spectre	$f_e = 1/T_e$ élevé spectre fidèle à haute fréquence
	$f_e = 1/T_e$ faible spectre restreint aux basses fréquences	

II - Analyse spectrale d'un signal : paramètres d'acquisition

En pratique : contraintes antagonistes car le nombre de points N est limité.

	Points séparés T_e grand	Points resserrés T_e faible
	$\Delta t = NT_e$ grand bonne résolution du spectre	$f_e = 1/T_e$ élevé spectre fidèle à haute fréquence
	$f_e = 1/T_e$ faible spectre restreint aux basses fréquences	$\Delta t = NT_e$ faible spectre mal résolu.

II - Analyse spectrale d'un signal : paramètres d'acquisition

En pratique : contraintes antagonistes car le nombre de points N est limité.

	Points séparés T_e grand	Points resserrés T_e faible
	$\Delta t = NT_e$ grand bonne résolution du spectre	$f_e = 1/T_e$ élevé spectre fidèle à haute fréquence
	$f_e = 1/T_e$ faible spectre restreint aux basses fréquences	$\Delta t = NT_e$ faible spectre mal résolu.

Bien choisir les paramètres d'acquisition nécessite des compromis.

III - Effet du filtre sur le spectre d'un signal

Proposer et mettre en œuvre un protocole mettant en évidence l'atténuation par le filtre RC étudié précédemment des composantes haute fréquence d'un signal d'entrée.

Signal créneau de fréquence 333 Hz.

- **Quelle fréquence d'acquisition ?**
- **Combien de points d'acquisition ?**
- **Sur quel intervalle calculer le spectre ?**

III - Effet du filtre sur le spectre d'un signal

Proposer et mettre en œuvre un protocole mettant en évidence l'atténuation par le filtre RC étudié précédemment des composantes haute fréquence d'un signal d'entrée.

Signal créneau de fréquence 333 Hz.

- **Quelle fréquence d'acquisition ?**
Estimons $f_{\max} \sim 10f$
- **Combien de points d'acquisition ?**
- **Sur quel intervalle calculer le spectre ?**

III - Effet du filtre sur le spectre d'un signal

Proposer et mettre en œuvre un protocole mettant en évidence l'atténuation par le filtre RC étudié précédemment des composantes haute fréquence d'un signal d'entrée.

Signal créneau de fréquence 333 Hz.

- **Quelle fréquence d'acquisition ?**

Estimons $f_{\max} \sim 10f \rightsquigarrow f_e = 20f = 666 \text{ Hz}$

- **Combien de points d'acquisition ?**
- **Sur quel intervalle calculer le spectre ?**

III - Effet du filtre sur le spectre d'un signal

Proposer et mettre en œuvre un protocole mettant en évidence l'atténuation par le filtre RC étudié précédemment des composantes haute fréquence d'un signal d'entrée.

Signal créneau de fréquence 333 Hz.

- **Quelle fréquence d'acquisition ?**

$$\text{Estimons } f_{\max} \sim 10f \quad \rightsquigarrow \quad f_e = 20f = 666 \text{ Hz} \quad \rightsquigarrow \quad T_e = 1,5 \text{ ms}$$

- **Combien de points d'acquisition ?**

- **Sur quel intervalle calculer le spectre ?**

III - Effet du filtre sur le spectre d'un signal

Proposer et mettre en œuvre un protocole mettant en évidence l'atténuation par le filtre RC étudié précédemment des composantes haute fréquence d'un signal d'entrée.

Signal créneau de fréquence 333 Hz.

- **Quelle fréquence d'acquisition ?**

Estimons $f_{\max} \sim 10f \rightsquigarrow f_e = 20f = 666 \text{ Hz} \rightsquigarrow T_e = 1,5 \text{ ms}$

- **Combien de points d'acquisition ?**

Le plus possible ! Selon les possibilités de votre carte d'acquisition ...

- **Sur quel intervalle calculer le spectre ?**

III - Effet du filtre sur le spectre d'un signal

Proposer et mettre en œuvre un protocole mettant en évidence l'atténuation par le filtre RC étudié précédemment des composantes haute fréquence d'un signal d'entrée.

Signal créneau de fréquence 333 Hz.

- **Quelle fréquence d'acquisition ?**

Estimons $f_{\max} \sim 10f \rightsquigarrow f_e = 20f = 666 \text{ Hz} \rightsquigarrow T_e = 1,5 \text{ ms}$

- **Combien de points d'acquisition ?**

Le plus possible ! Selon les possibilités de votre carte d'acquisition ...

- **Sur quel intervalle calculer le spectre ?**

Pour une meilleure précision, se restreindre manuellement à un nombre entier de périodes.