# TP 1 Traitement du signal numérique

## TP Cours : Théorème de Nyquist-Shannon

### Chaîne du traitement

**Signal**

**Signal échantillonné**

**Conversion analogique numérique**

**Signal**

**Filtrage**

**Conversion numérique analogique**

**Transmission**

**(Ondes hertziennes, câble...)**

### Echantillonnage

#### Préliminaire: le multiplieur

##### Le composant et ses connections

Le composant effectue l'opération suivante:

avec

Indiquer la fonction réalisée en dans la configuration précédente.

*k*

Le circuit se résume alors à :

##### Montage expérimental sur la plaquette

Alimentation et ainsi que la masse

Une image contenant intérieur, éléments, arrangé

Description générée automatiquement

***LES MASSES (APPAREILS, MONTAGE) DOIVENT ETRE RELIEES ENTRE ELLES.***

Relier à l'alimentation les bornes et ainsi que la masse.

*ATTENTION, l'inversion des bornes d'alimentation peut entraîner la destruction du multiplieur.*

Observer sur la voie 1 de l'oscillo et sur l'entrée EA0 de la console SP5.

Observer sur la voie 2 de l'oscillo et sur l'entrée EA2 de la console SP5.

Observer sur l'entrée EA1 de la console SP5.

Fenêtre

d'analyse

spectrale

*Paramètres Latis pro: en 3ms, style trait.*

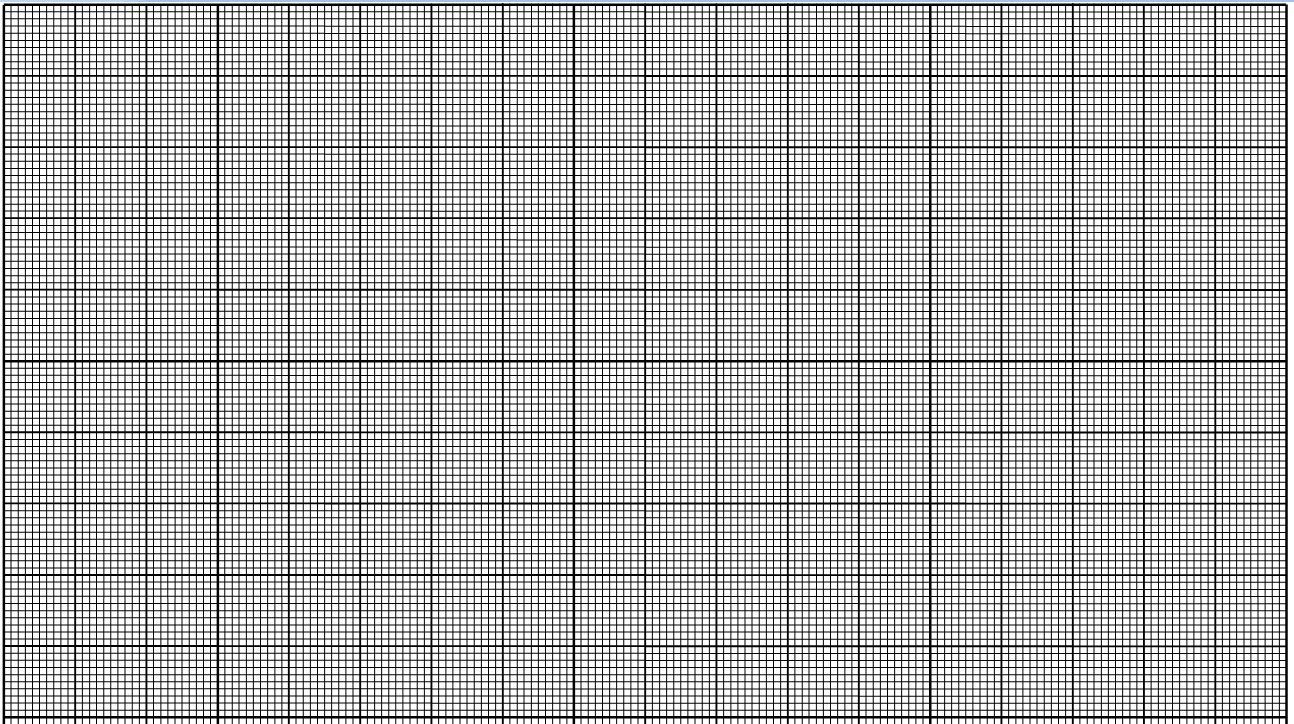
Organiser la mosaïque sur l'écran avec quatre fenêtres:

##### Vérification de la fonction multiplication

**Premier exemple :**

Alimenter les deux entrées et simultanément avec la sortie du GBF.

*GBF METRIX :* ***signal sinusoïdal*** *de fréquence et d'amplitude ( crête à crête).*

Reproduire rapidement l'allure des signaux observés.

Vérifiez l'opération effectuée par le multiplieur.

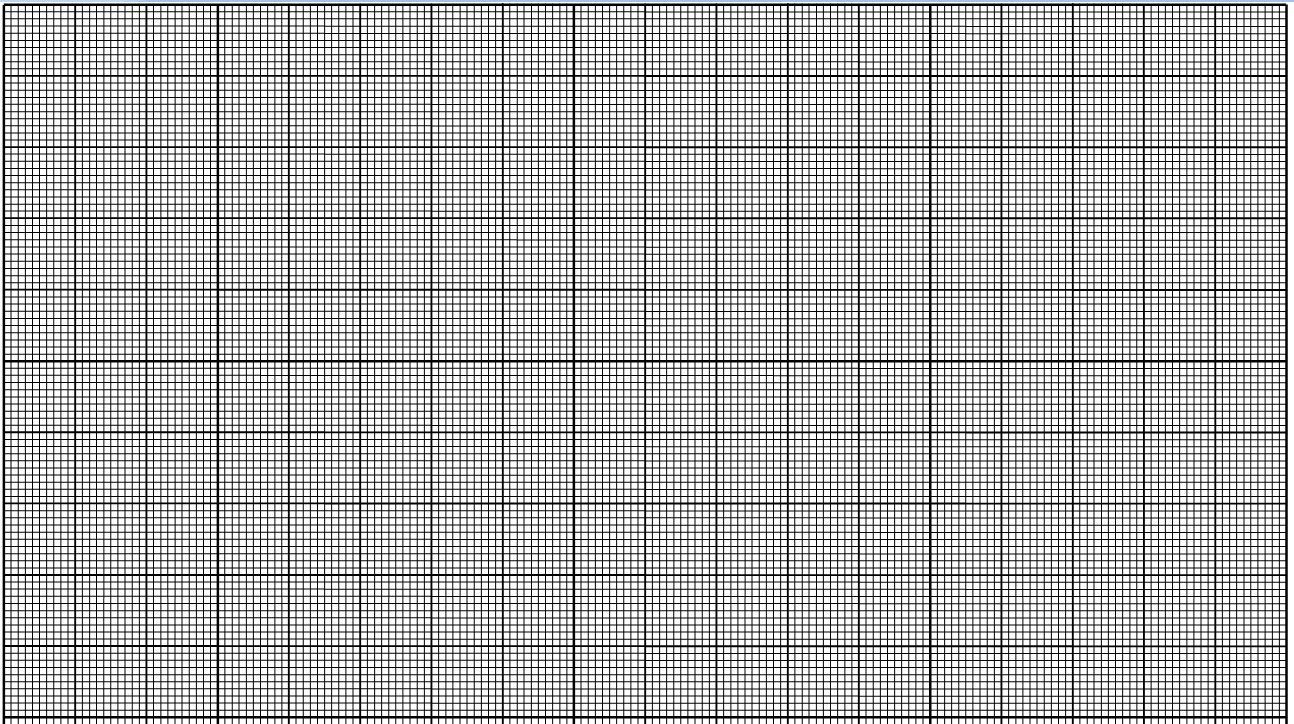
Effectuer l'analyse spectrale du signal .

Pourquoi l'analyse spectrale nous permet-elle d'affirmer que le multiplieur n'est pas un composant linéaire ?

**Second exemple :**

Alimenter les deux entrées et simultanément avec la sortie du GBF.

*GBF METRIX :* ***signal triangulaire*** *de fréquence et d'amplitude ( crête à crête).*

Reproduire rapidement l'allure des signaux observés.

Vérifiez l'opération effectuée par le multiplieur.

Pour cela on effectuera un calcul permettant de justifier l'allure et les valeurs relevées pour le signal de sortie.

**Troisième exemple :**

Alimenter l'entrée (on nommera cette tension ) à l'aide du GBF GENTRAD.

*GBF GENTRAD :* ***signal sinusoïdal*** *de fréquence et d'amplitude ( crête à crête).*

Alimenter l'entrée (on nommera cette tension ) à l'aide du GBF METRIX

*GBF METRIX :* ***signal continu*** *de valeur .*

Observer sur la voie 1 de l'oscillo et sur l'entrée EA0 de la console SP5.

Observer sur voie 2 de l'oscillo et l'entrée EA1 de la console SP5.

Observer sur l'entrée EA2 de la console SP5 (cette tension sera notée ).

**GBF GENTRAD**

**GBF METRIX**

Voie 1

Voie 2

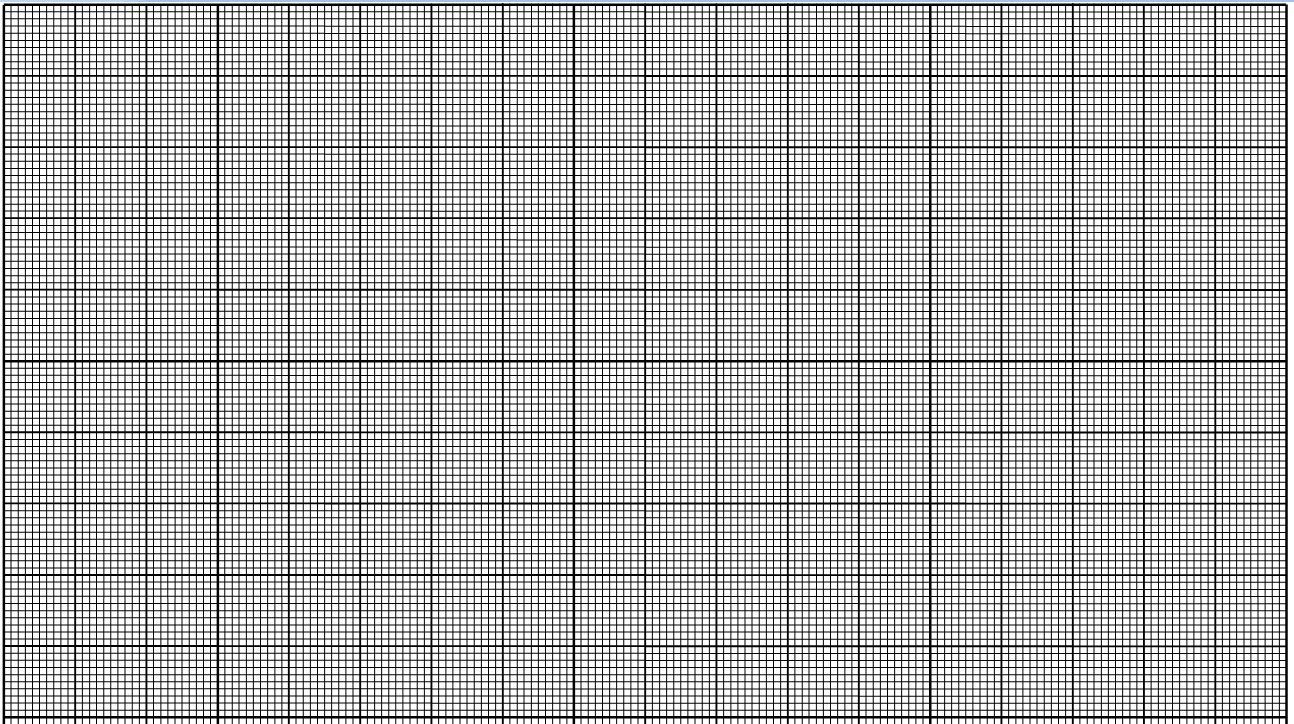
EA0

EA1

EA2

*Paramètres Latis pro: avec environ 3 périodes observées, style trait.*

Reproduire rapidement l'allure des signaux observés.



Vérifiez l'opération effectuée par le multiplieur.

#### Echantillonnage à l'aide du multiplieur

##### Signaux utilisés

Conserver les mêmes branchements que précédemment.

Conserver le réglage du GBF ():

*GBF METRIX :* ***signal sinusoïdal*** *de fréquence et d'amplitude ( crête à crête).*

Modifier le réglage du générateur de l'oscillo.

***GBF GENTRAD : impulsions***

*Signal créneaux*

*Fréquence (appelée fréquence d'échantillonnage) :*

*Niveau bas :*

*Niveau haut :*

*Largeur des impulsions : minimale*

A l’aide de ce bouton, on règle la durée du niveau haut par rapport à la période du créneau.

Mettre la molette au minimum.

DC OFFSET permet d’ajouter une tension continue au signal créneaux

Une image contenant texte, intérieur, four, périphérique

Description générée automatiquement

*Paramètres Latis pro: avec environ 3 périodes observées, style trait.*

Voie 1

Voie 2

EA0

EA1

EA2

##### Etude du signal de sortie

* **Echantillons par période**

Compter le nombre N d'échantillons par période de .

Vérifier sa valeur en la comparant au rapport des périodes de et de .

* **Analyse spectrale**

Effectuer l'analyse spectrale de .

Représenter l'allure des courbes , et .

Pour une bonne qualité de l'analyse spectrale, il faut un nombre de périodes importantes.

Pour cela modifier les paramètres de Latis pro:

*Paramètres Latis pro: 10000 points et .*

Effectuer de nouveau l'analyse spectrale de . A l'aide de la loupe, sélectionner les fréquences du spectre de sur environ. A l'aide du pointeur, relever et noter les valeurs des différentes fréquences puis reproduire ce spectre en ne conservant que les composantes de valeur notable. A

Spectre de

Indiquer à quoi correspondent les valeurs des différentes des fréquences du spectre.

Quel type de filtre disposé à la sortie du multiplieur permettrait de récupérer le signal ?

##### Modification de la fréquence d'échantillonnage

Nouvelle fréquence:

***GBF GENTRAD*** *: impulsions*

Ne rien modifier d'autre.

* **Echantillons par période**

Compter le nombre N d'échantillons par période de .

Vérifier sa valeur en la comparant au rapport des périodes de et de .

* **Analyse spectrale**

Effectuer l'analyse spectrale de .

A l'aide de la loupe, sélectionner les fréquences du spectre de sur environ.

A l'aide du pointeur, relever et noter les valeurs des différentes fréquences puis reproduire ce spectre en ne conservant que les composantes de valeur notable.

Spectre de

Les résultats sont-ils cohérents avec les résultats de l’analyse spectrale précédente ?

##### Critère de Nyquist-Shannon

Proposer une valeur limite de la fréquence d'échantillonnage pour qu'un filtre passe-bas disposé à la sortie du multiplieur puisse récupérer le signal ?

Critère de Nyquist-Shannon:

##### Repliement du spectre.

Nouvelle fréquence:

***GBF GENTRAD*** *: impulsions*

Ne rien modifier d'autre.

Effectuer l'analyse spectrale de .

A l'aide de la loupe, sélectionner les fréquences du spectre de sur environ.

A l'aide du pointeur, relever et noter les valeurs des différentes fréquences puis reproduire ce spectre en ne conservant que les composantes de valeur notable.

Spectre de

Pourquoi parle-t-on dans ce cas de repliement du spectre ?

##### Echantillonnage d'un signal non sinusoïdal

*GBF METRIX :* ***signal en créneaux*** *de fréquence et d'amplitude ( crête à crête).*

* **Analyse spectrale du signal en créneaux  :**

***GBF GENTRAD*** *: impulsions*

Effectuer l'analyse spectrale de .

A l'aide de la loupe, sélectionner les fréquences du spectre de sur environ.

A l'aide du pointeur, relever et noter les valeurs des différentes fréquences puis reproduire ce spectre en ne conservant que les composantes de valeur notable.

Spectre de

* **Analyse spectrale du signal en créneaux  :**

Effectuer l'analyse spectrale de .

A l'aide de la loupe, sélectionner les fréquences du spectre de sur environ.

A l'aide du pointeur, relever et noter les valeurs des différentes fréquences puis reproduire ce spectre en ne conservant que les composantes de valeur notable.

Spectre de

* **Critère de Nyquist-Shannon :**

Commenter le spectre de s(t) dans le cadre du critère de Nyquist-Shannon.

* **Modification de la fréquence d'échantillonnage :**

***GBF GENTRAD*** *: impulsions*

Ne rien modifier d'autre.

Effectuer l'analyse spectrale de .

A l'aide de la loupe, sélectionner les fréquences du spectre de sur environ.

A l'aide du pointeur, relever et noter les valeurs des différentes fréquences puis reproduire ce spectre en ne conservant que les composantes de valeur notable.

Spectre de

Commenter le spectre de dans le cadre du critère de Nyquist-Shannon.

#### Conclusion

##### Echantillonnage

Il consiste à prélever à la fréquence d'échantillonnage des échantillons d'un signal que l'on doit numériser dans l'objectif de le transmettre.

Le spectre du signal à transmettre comporte des fréquences comprises dans l'intervalle :

Le spectre du signal échantillonné comporte les fréquences comprises dans les intervalles successifs:

, , , , , , ...

Spectre du signal à transmettre

Spectre du signal échantillonné

...........

Pour récupérer correctement l'ensemble du signal initial par simple filtrage passe-bas, il faut que soit supérieur à de façon à ne pas mélanger les spectres successifs.

##### Théorème de Nyquist-Shannon

**La fréquence d'échantillonnage doit être au minimum égale à deux fois la fréquence maximale du spectre du signal à échantillonner.**

*La fréquence est appelée fréquence de Nyquist.*

*Cette fréquence correspond au prélèvement d'un minimum de deux échantillons par période du signal à transmettre.*

##### Non respect du critère de Nyquist-Shannon: repliement du spectre

Cas ou :

Le spectre replié à gauche de se superpose au spectre du signal à transmettre, il est alors impossible de récupérer ce signal par filtrage.

#### Exemples

##### Téléphonie

Le signal correspondant à la voix comporte, pour une qualité satisfaisante à la restitution, les fréquences comprises dans l'intervalle:

soit

Fréquence d'échantillonnage:

soit

Spectre du signal téléphonique

Spectre du signal échantillonné

zone de transition de

Déterminer le nombre d'échantillons minimal prélevé sur le signal téléphonique :

Déterminer le nombre d'échantillons prélevé pour la fréquence de du signal téléphonique :

Calculer le rapport transition sur fréquence maximale du signal utile :

##### Musique

Le signal correspondant à la musique comporte, pour une qualité satisfaisante à la restitution, les fréquences comprises dans l'intervalle:

soit

Fréquence d'échantillonnage:

soit

Spectre du signal musical

Spectre du signal échantillonné

zone de transition de

Nombre d'échantillons minimal prélevé sur le signal musical :

Nombre d'échantillons prélevé pour la fréquence

de du signal musical :

Rapport transition sur fréquence maximale du signal utile :