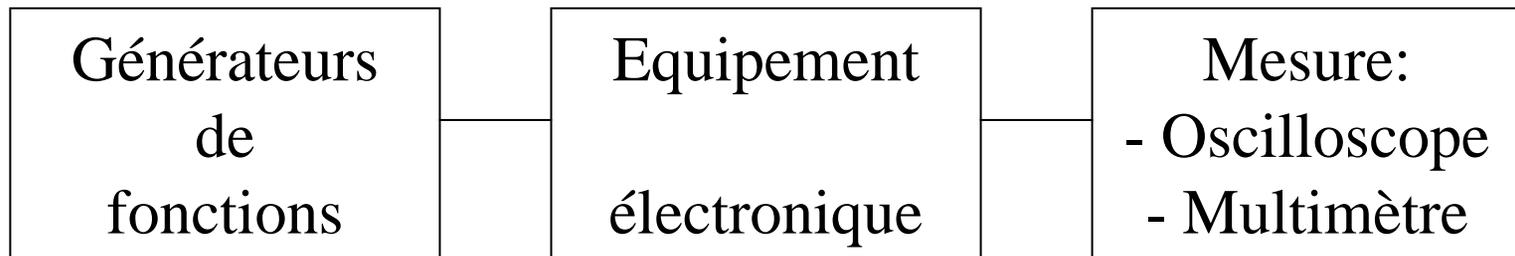


Les générateurs de fonctions

1. Avant-propos

C'est avec l'oscilloscope, le multimètre et l'alimentation stabilisée, l'appareil le plus répandu en laboratoire.

BUT: Fournir des signaux électriques variables dans le temps qui vont servir de stimuli pour analyser des équipements ou des circuits...



Les générateurs de fonctions

2. Signaux de sorties

Les formes d'ondes conventionnelles:

- sinusoïdales
- carrées
- triangulaires
- impulsions à rapport cyclique variable
- signaux arbitraires

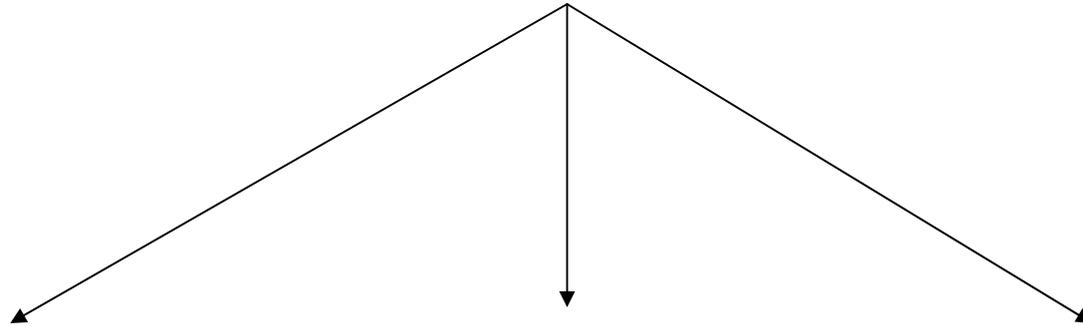
3. Les différentes technologies

Les éléments constitutifs des GS sont conditionnés par les caractéristiques de l'onde générée et par les possibilités de modulations du signal de sortie.

Paramètres caractéristiques d'un signal généré

- Forme du signal
- Domaine de fréquence
- Domaine d'amplitude
- Pureté

On peut distinguer trois grandes familles de GS



**Générateurs de
fonctions**

**Générateurs
d'impulsions**

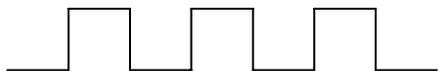
**Synthétiseurs de
signaux**

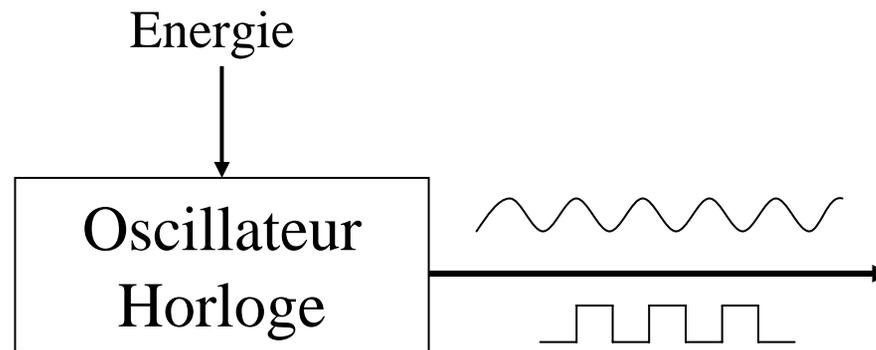
Pour chaque famille deux types de générateurs: analogique et numérique

4. Les générateurs de fonctions conventionnelles

4.1. L'oscillateur

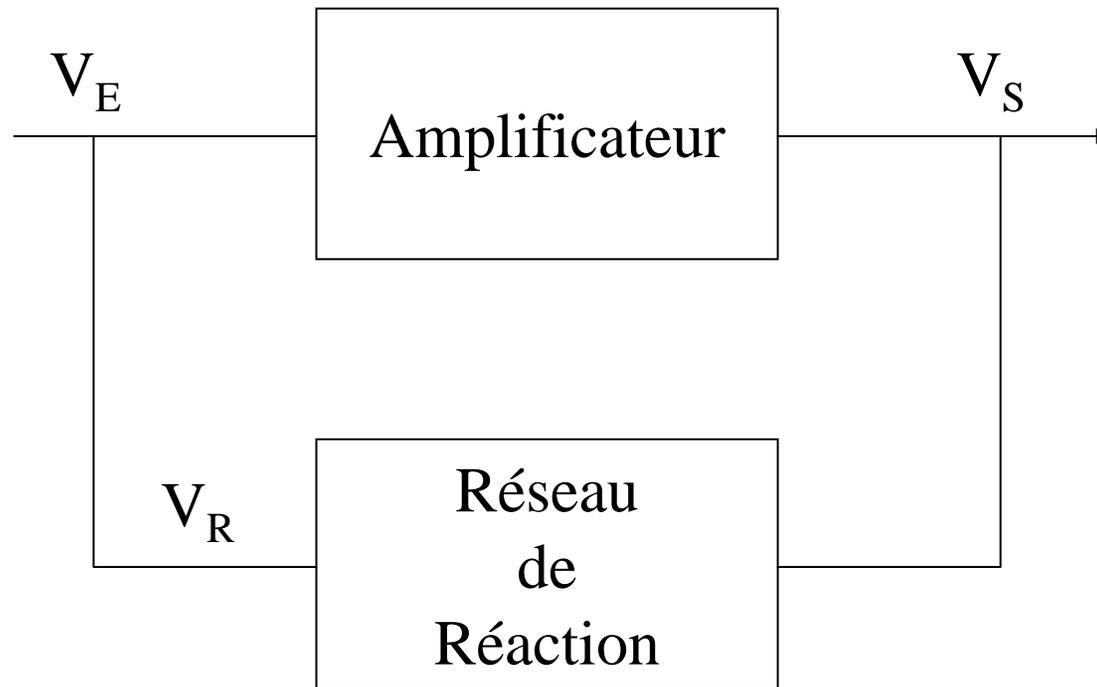
C'est l'élément de base des générateurs de fonctions

- Oscillateur sinusoïdal (harmonique) →  fonction
- Multivibrateur (ou horloge) → 

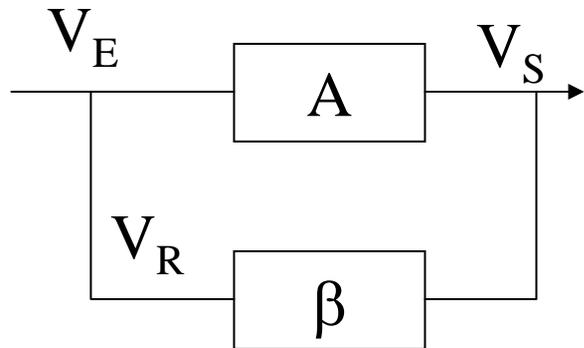


Principe

Le principe de fonctionnement est basé sur les systèmes bouclés



Mise en équation



$$\left. \begin{array}{l} V_S = AV_E \\ V_R = V_E = \beta V_S \end{array} \right\} \longrightarrow V_S = A\beta V_S$$

$$V_S \neq 0 \implies A\beta = 1$$

Critère de Barkhausen

Toutes les fréquences pour lesquelles $A\beta = 1$ oscillent

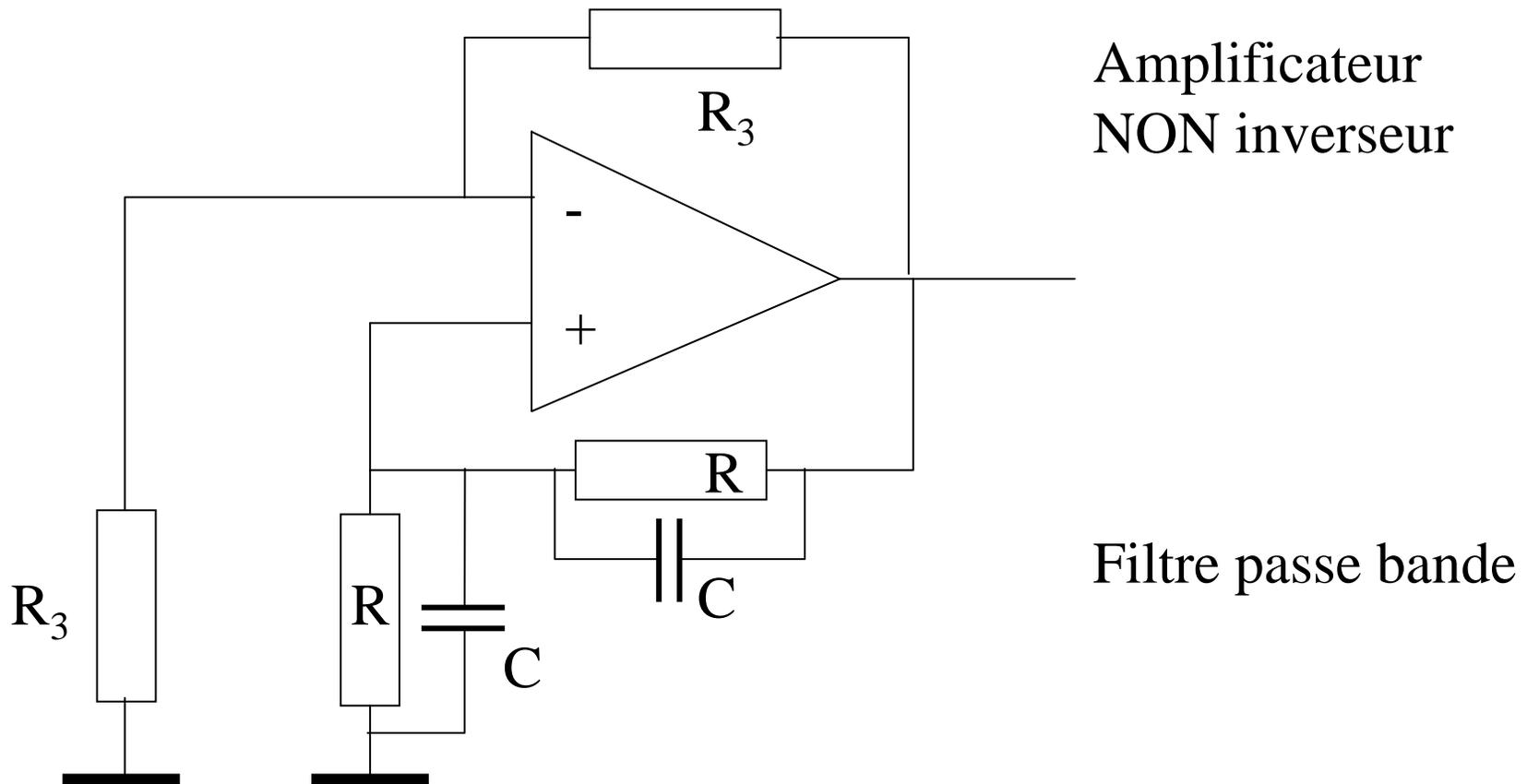
β est le Gain du réseau de rétroaction

Séparément pour la partie réelle est complexe le critère $A\beta = 1$ devient: $\text{Re}(A\beta) = 1$ et $\text{Im}(A\beta) = 0$

! Grandeurs complexes

Réalisation

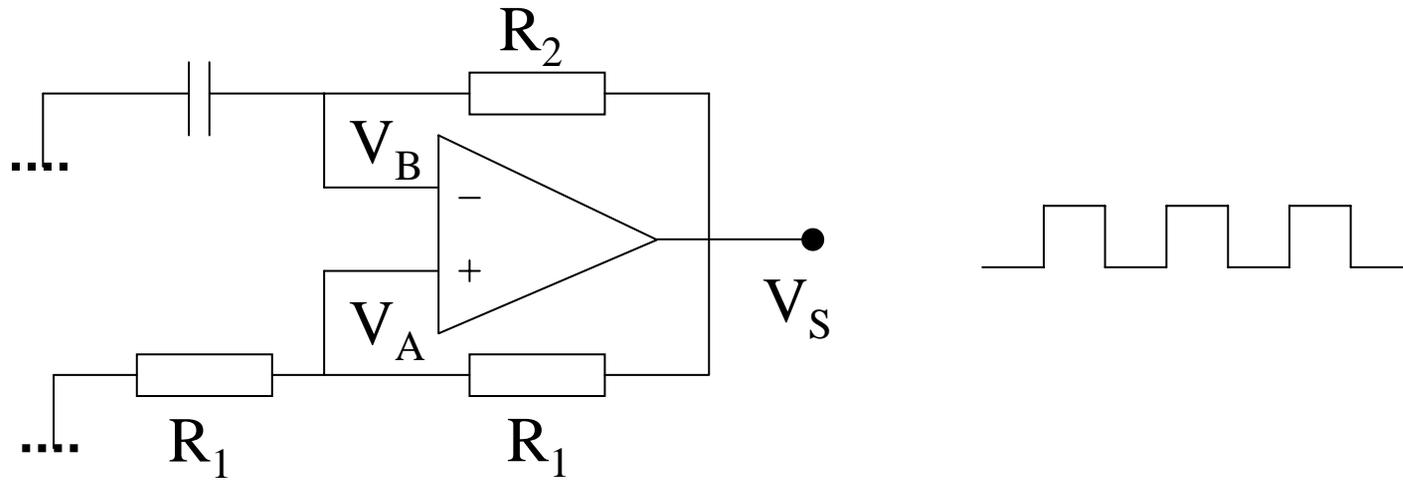
Exemple



Pour simuler le comportement de ce circuit voir
par exemple www.linear.com/designtools/software

Un autre type d'oscillateur

(Oscillateur à relaxation)



Saturation à $+U$ et $-U$.

Si $V_A > V_B$: $V_S = +U$, et donc C se charge positivement (V_B monte)
pendant que $V_A = +U/2$

On arrive alors à $V_B > V_A$, donc V_S bascule à $-U$, et C se décharge
charge d'abord puis se charge négativement pendant que $V_A = -U/2$

Etc.

Critères principaux

- Précision sur la fréquence $\Delta F_0/F_0$: 1%, 0.1% ...
- Dérive de la fréquence: $F_0 \longrightarrow F_0 + dF_0$
 dF_0 peut dépendre du temps, de la température...

Amélioration

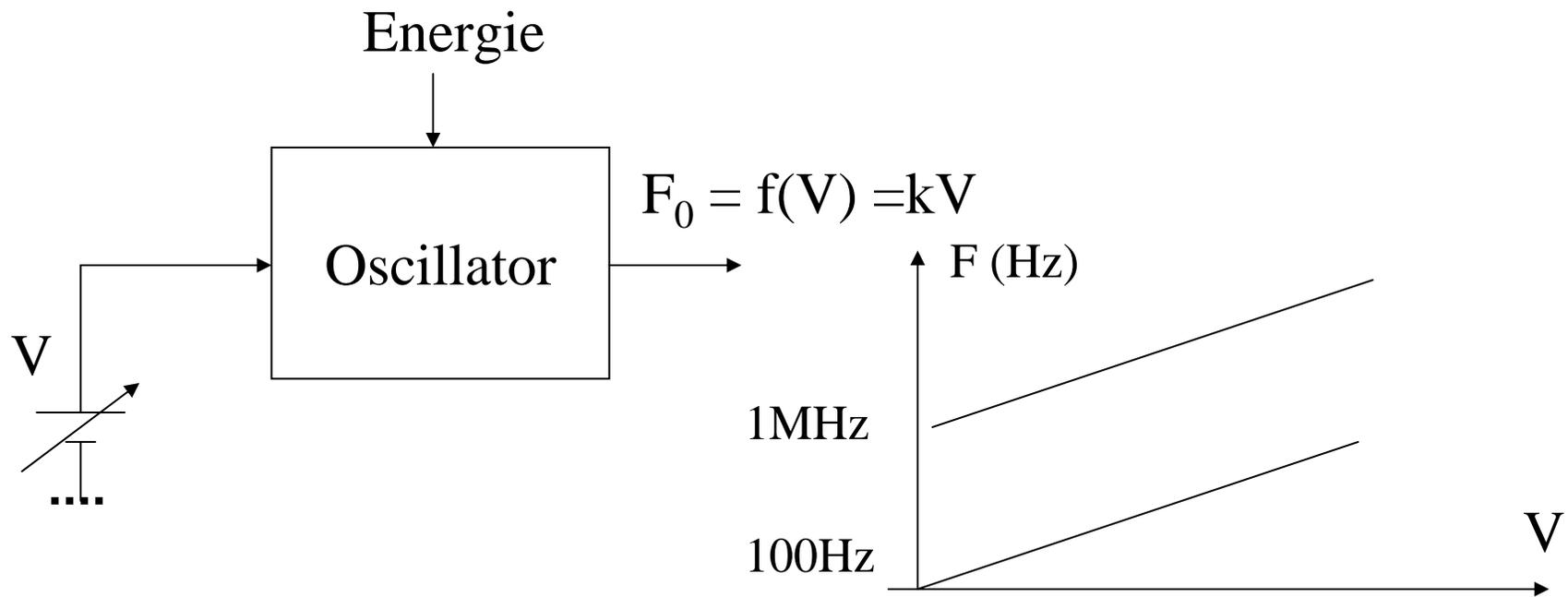
Utilisation d'un quartz pour stabiliser F_0

(Matériau piézoélectrique, vibration mécanique et électrique,
bonne stabilité en température: $f = f_0 * [1 - 0.04 \text{ ppm} * (T-T_0)^2]$)

4.2. L'oscillateur commandé en tension (OCT)

Voltage Controlled Oscillator (VCO)

La fréquence de la tension de sortie est commandée par une tension

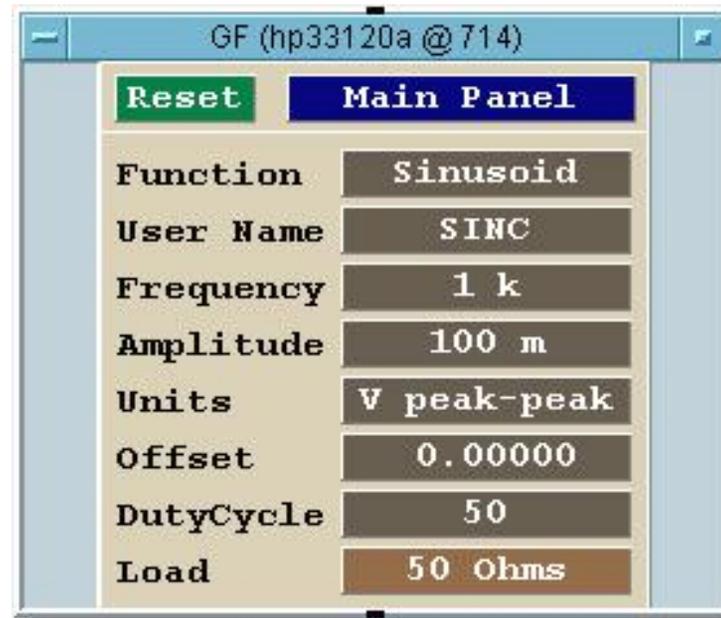


4.3. Critères de choix

- Domaine de fréquence (F_{\min} \longrightarrow F_{\max})
- Précision sur la fréquence affichée (Setting error)
 - ex : 100Hz à 5% \longrightarrow 100 \pm 5 Hz
 - 100Hz à 1ppm \longrightarrow 100 \times 10⁻⁶ \longrightarrow 100,0000 \pm 0,0001 Hz
- Amplitude de la tension de sortie
- Possibilité d'adjoindre une tension continue (OFFSET)
- Formes du signal de sortie
- Rapport cyclique variable
- Impédance de sortie (600 Ω , 50 Ω)
- Sortie TTL
- Possibilité de modulation (interne ou externe) linéaire ou logarithmique
- Mode burst (rafale ou salve)
- Mode porte (Gating)
- Possibilité de modulation du signal de sortie
- Pilotage par un BUS IEEE 488, RS232...

4.4. Mode de fonctionnement et applications

4.4.1. Fonctionnement en balayage continu manuel



EX: Synoptique de la face avant du GF HP33120A

Application: test manuel de circuits :

- Etude en régime transitoire (ex: charge d'un circuit RC...)
- Etude en régime permanent (ex: mesure d'amplification à F fixée)

4.4. Mode de fonctionnement et applications

4.4.2. Balayage en fréquence par un signal extérieur

- ① Forme des signaux toujours imposée par l'opérateur
- ② Fréquence proportionnelle à une tension continue appliquée sur l'entre appropriée



Application: test automatique de circuits :

ex: étude à l'oscilloscope de la réponse en fréquence d'un filtre
avec enregistrement sur un oscilloscope numérique

4.4. Mode de fonctionnement et applications

4.4.3. Mode de fonctionnement « PORTE » ou « GATE »

Train d'impulsions (sinus, carré, triangulaire) en sortie pendant la durée de l'état haut du signal « Porte » appliqué sur l'entrée de commande.

Application: - réaction de circuit en régime impulsionnel
- essais de puissances transitoires sur les amplificateurs

4.4.4. Mode de fonctionnement déclenché

Impulsion unique en sortie après commande par un signal de validation interne ou externe.

Application: impulsion de commande pour circuit logique ou moteur

4.4.4. Mode de fonctionnement par impulsions

Impulsions répétitives de largeur variable

4.4.5. Balayage continu en fréquence (linéaire ou logarithmique):

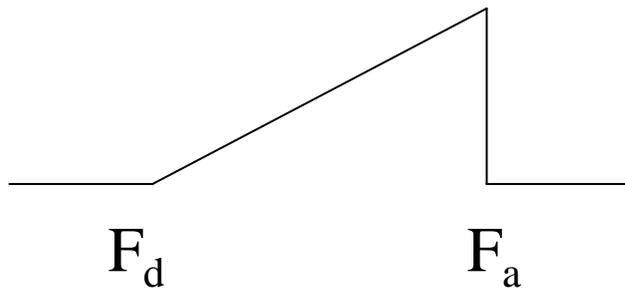
VOBULATION

Le générateur délivre en sortie un signal (sinus, carré, triangulaire) dont F varie automatiquement dans une plage et avec une vitesse préalablement réglée.

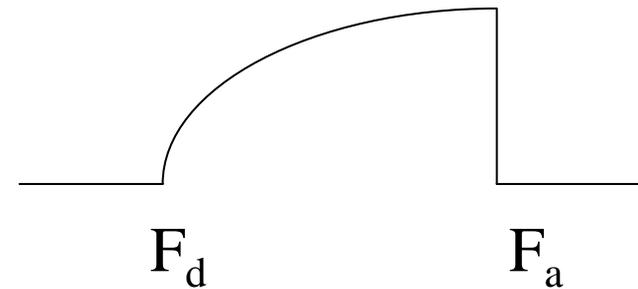
- Réglages:
- Signal de sortie: Forme et Amplitude
 - Plage de F : F début – F d'arrêt
 - Durée du balayage
 - Mode de balayage : Linéaire ou Logarithmique

NOTA: Une sortie auxiliaire fourni alors une tension dont l'amplitude est proportionnelle à la fréquence.

$$V(t)=k.f(t)$$



Linéaire



Logarithmique

Application: Relevé automatique de courbes de réponse sur traceur analogique

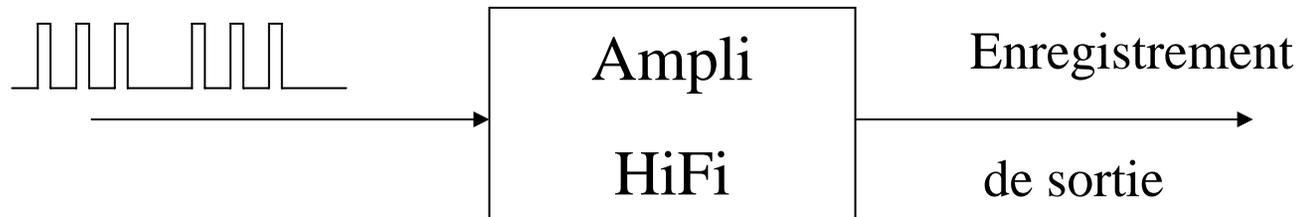
4.4.6. Mode train d'impulsions déclenché unique

Le générateur délivre un train d'impulsions déclenché manuellement ou par un signal extérieur.

4.4.7. Mode train d'impulsions déclenché répétitif (Burst)

Idem mais pour plusieurs rafales.

Application: Test du comportement dynamique d'un amplificateur HiFi



4.4.8. Mode vobulation pendant une ouverture de porte

La fréquence du signal de sortie varie (Lin ou Log) pendant l'ouverture de la « Porte » (Trig/Gate In)

4.4.7. Marqueur de fréquence

Mode utilisé pour les tests de réponse en fréquence. L'opérateur peut observer une ligne intensifiée sur l'écran de l'oscilloscope. Cette surbrillance matérialise la fréquence sélectionnée. Ne fonctionne qu'en mode vobulation.

Application: Mesures de fréquences de coupure.

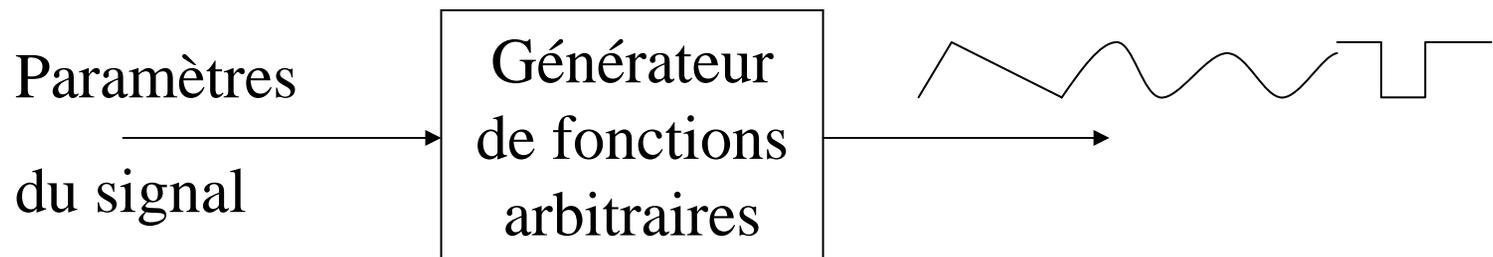
5. Les générateurs de signaux arbitraires

5.1. Principe et schéma synoptique

BUT: Fournir un signal de morphologie totalement arbitraire, c'è d ne répondant pas une fonction mathématique classique.

En pratique le signal de sortie peut être:

- la reproduction d'un signal préalablement enregistré
- un signal créé point par point ou analytiquement par l'opérateur



5.2. Applications

Les \neq équipements à tester sont généralement soumis à des excitations complexes :



les générateurs de fonctions arbitraires en permettent la reproduction



Tests possibles en laboratoire

- Mécanique : - Etude des vibrations (ex: comportement d'un véhicule)
- Médical : - Caractérisation des stimulations cardiaques (battements du cœur enregistrés puis reproduits)

- Génie civil : - Etude des contraintes sismiques sur une structure
- Sciences des matériaux : - Résistance des matériaux (cycle de contraintes répétitifs)
- Electronique de puissance : - Test des alimentations (reproduction de la tension secteur avec ses parasites et ses microcoupures)
- Electronique des capteurs : - Reproduction de signaux effectifs reçus par les capteurs.

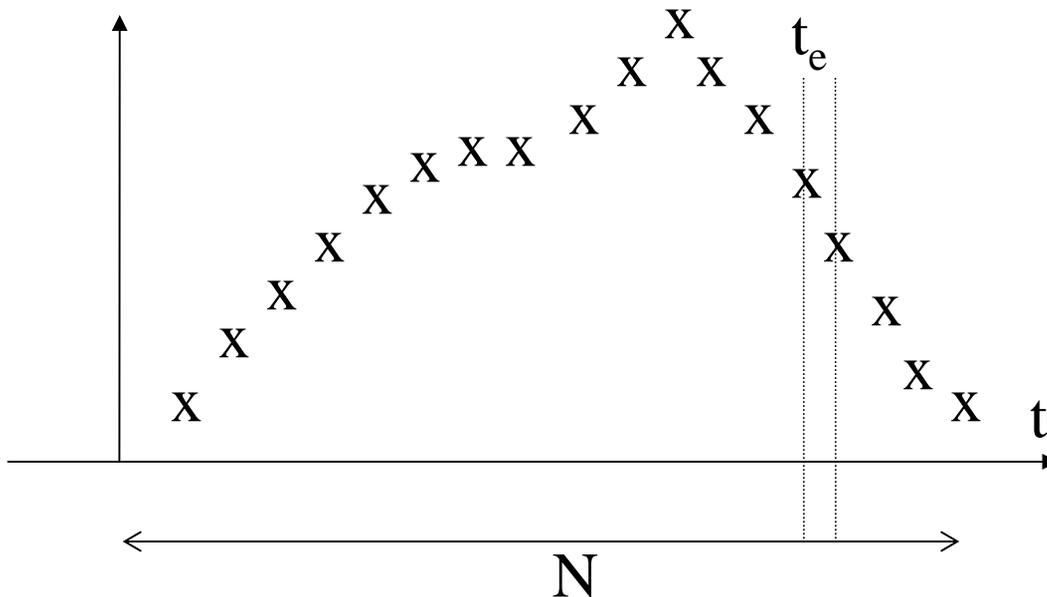
Conclusion : Les « G.S.A. » facilitent le test en laboratoire avec des conditions « réelles quelconques ». (plus de stimuli figés éloignés des signaux effectifs)

5.3. Archivage du signal (Mémoire)

Deux cas possibles:

- le signal est créé de toute pièce de manière numérique
- un signal analogique est enregistré puis numérisé par un convertisseur A/N

Avantage: pour 1 signal périodique on ne conserve en mémoire q'une seule période



N = nbre de pts

t_e = tps d'échantillonnage
= résolution temporelle

Type de mémoire: EPROM,
RAM, smart card...

5.4. Génération du signal

- Manuelle : point par point, $P(V_i, t_i)$
- Téléchargement : ex à partir d'un oscilloscope à mémoire via un BUS
- Table à digitaliser : on dessine directement la forme du signal
- Analytiquement : on entre l'équation du signal (si connue) à l'aide d'un logiciel.

5.5. Tableau caractéristique d'un « G.S.A. » (récapitulatif)

- Sorties:
 - nombre de voies indépendantes
 - réglage du déphasage entre deux voies

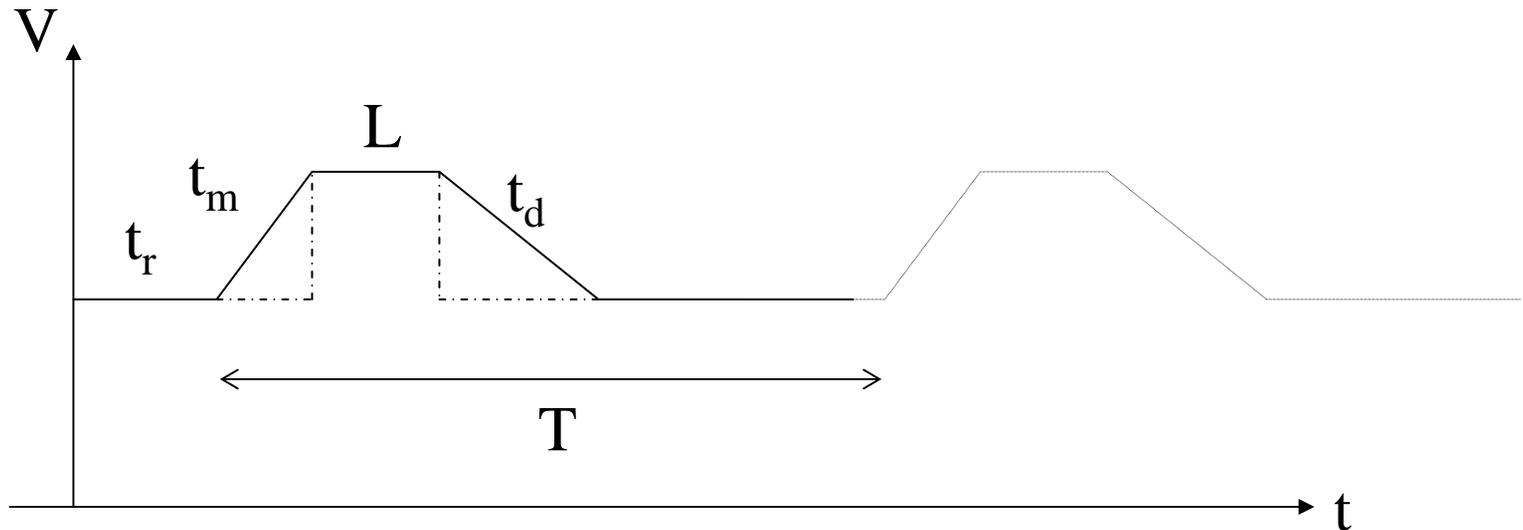
- Méthode de création du signal:
 - Manuellement
 - Equation mathématique
 - Formes d'ondes en bibliothèques
 - Téléchargement
 - Logiciel d'édition
 - Temps minimum entre deux points
 - Capacité de mémorisation (octets)

NB: 1.5k€ < PRIX < 80k€

6. Les générateurs d'impulsions

BUT: Générer des impulsions répétitives généralement rectangulaires, dont la plupart des paramètres sont réglables.

6.1. Paramètres caractéristiques d'un train d'impulsions



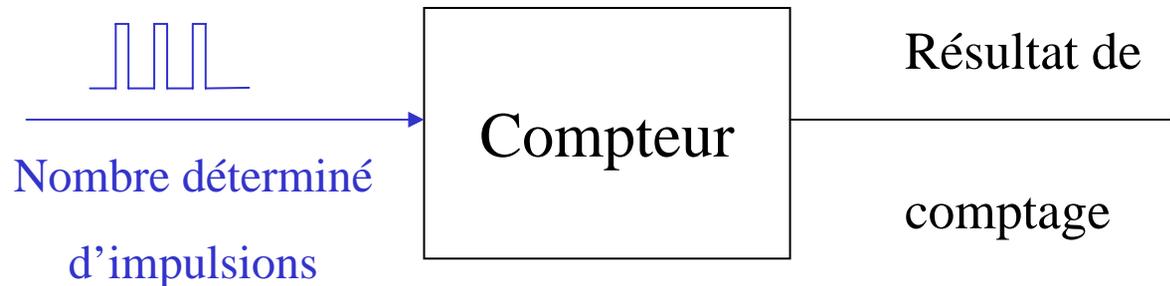
6.2. Applications

- Test paramétrique d'un composant.

Ex: Mesure du temps de commutation d'une diode et extraction de la durée de vie des porteurs minoritaires

- Test de circuits logiques.

 - Test de compteur:



 - Test dynamique (commutation de portes)

- Impulsions de déclenchement: radar, relais, moteur pas à pas...

7. Les synthétiseurs de signaux

7.1. Principe

Ils génèrent un signal sinusoïdal très pur, c à d pratiquement exempt d'harmoniques.

On peut utiliser ce signal sinusoïdal ou réaliser des fonctions plus complexes à partir de ce dernier par modulation ou encore obtenir des formes d'ondes classiques (carré, triangulaire) : Générateur de fonction synthétisée.

7.2. Paramètres définissant la pureté d'un signal sinusoïdal

Single SideBand noise (SSB-noise) (angl.)

Bruit dans une bande de largeur 1Hz par rapport à la fréquence porteuse.

C'est un bruit continu et décroissant en fct de la distance à la porteuse (en Hz)

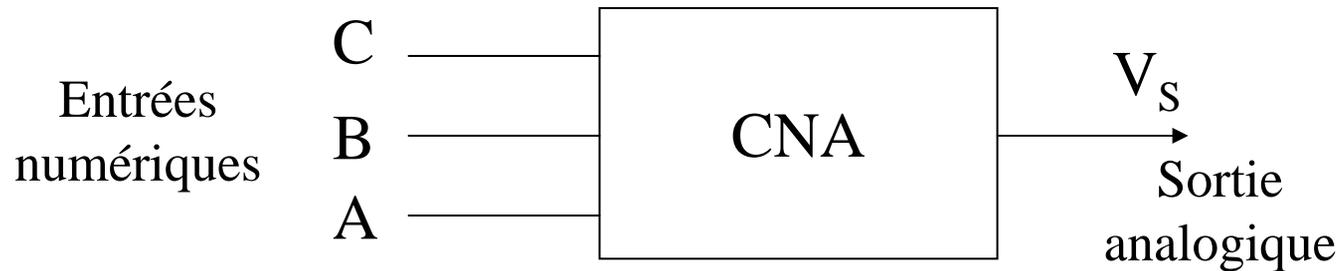
Subharmoniques et "spurious" (angl.)

Ce sont les restes (non filtrés) des fréquences qui servaient à la création de la fréquence porteuse. C'est un bruit en pics.

ANNEXE: Les générateurs de signaux arbitraires



* Générateurs numérique d'un signal analogique



$$\text{Sortie} = k \times \text{Entrée numérique}$$

La résolution dépend alors du nombre de bits de codage

Exemple sur 3 bits :

C	B	A	V sortie
0	0	0	1
0	0	1	2
0	1	0	3
0	1	1	4
1	0	0	5
1	1	0	6
1	1	1	7