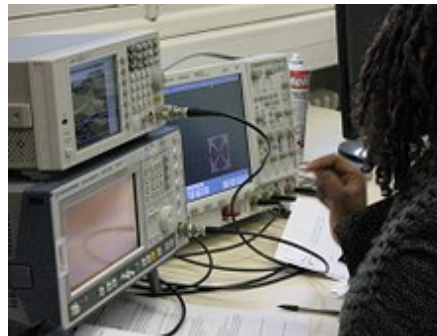


# Mesures en hyperfréquences



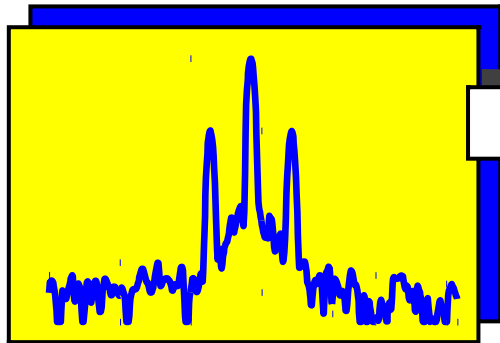
*Analyse spectrale  
Mesure avec un analyseur  
de spectre*

Franck Daout  
fdaout@parisnanterre.fr

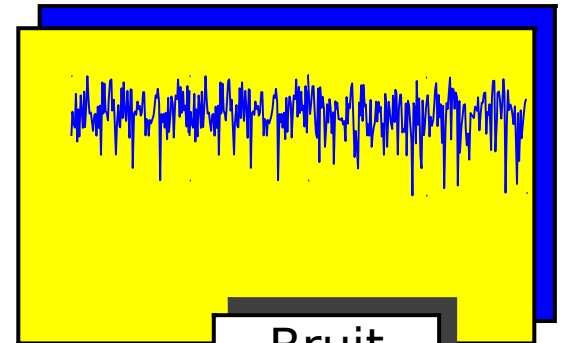
<https://cva-geii.parisnanterre.fr/>

CFD - Bourges

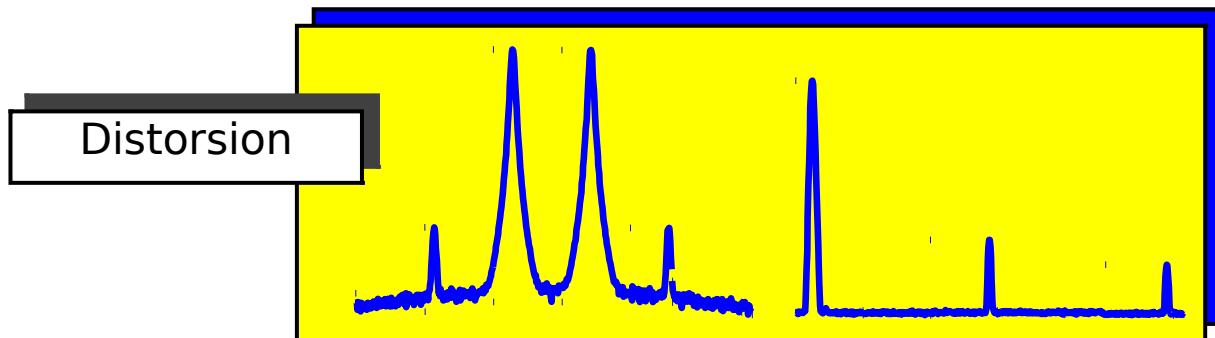
## Pourquoi utiliser un analyseur de spectre?



Modulation



Bruit

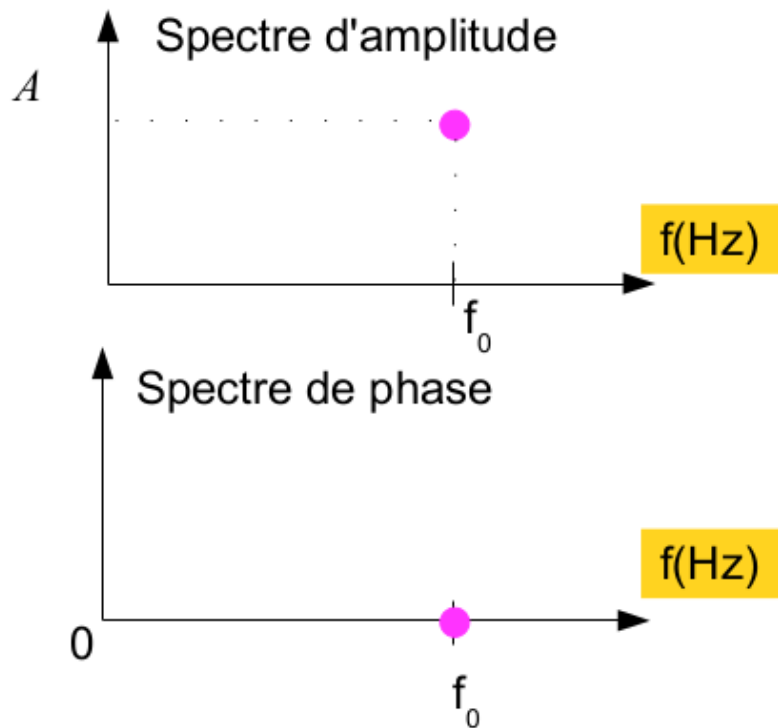


Distorsion

$$A \cos(2\pi f_0 t)$$

amplitude  $A$  à  $f = f_0$

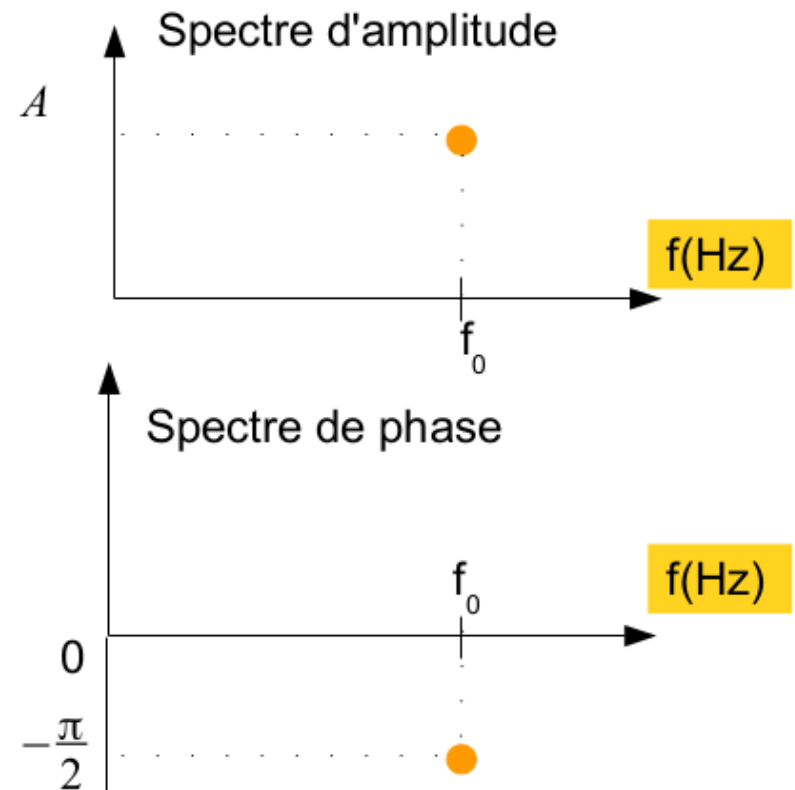
$\Delta\phi = 0$  à  $f = f_0$  et  $t = 0$



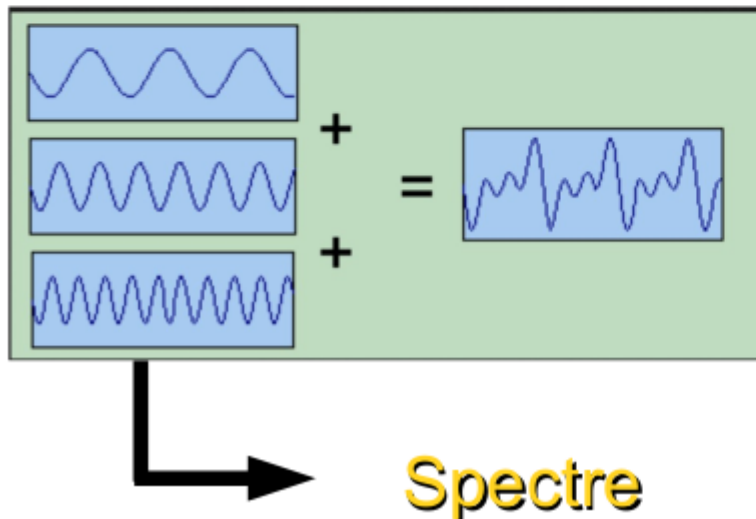
$$A \sin(2\pi f_0 t) = A \cos(2\pi f_0 t - \pi/2)$$

Amplitude  $A$  à  $f = f_0$

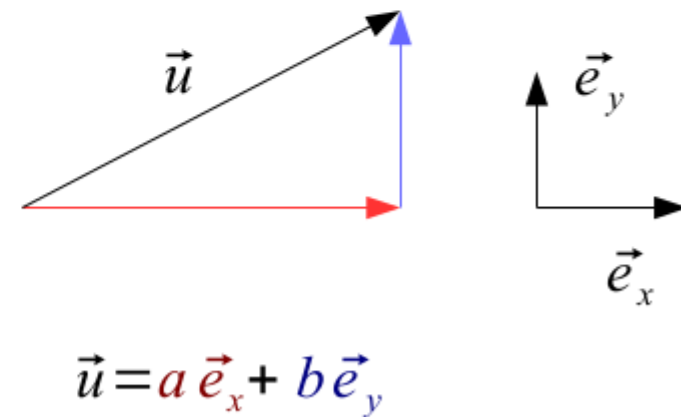
$\Delta\phi = -\pi/2$  à  $f = f_0$  et  $t = 0$



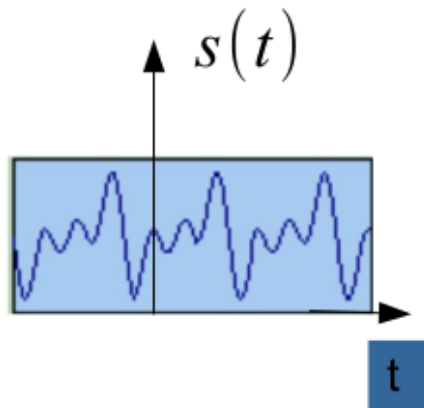
- Toute **fonction périodique** est décomposable en série de fonctions cosinus et sinus cad en série de Fourier



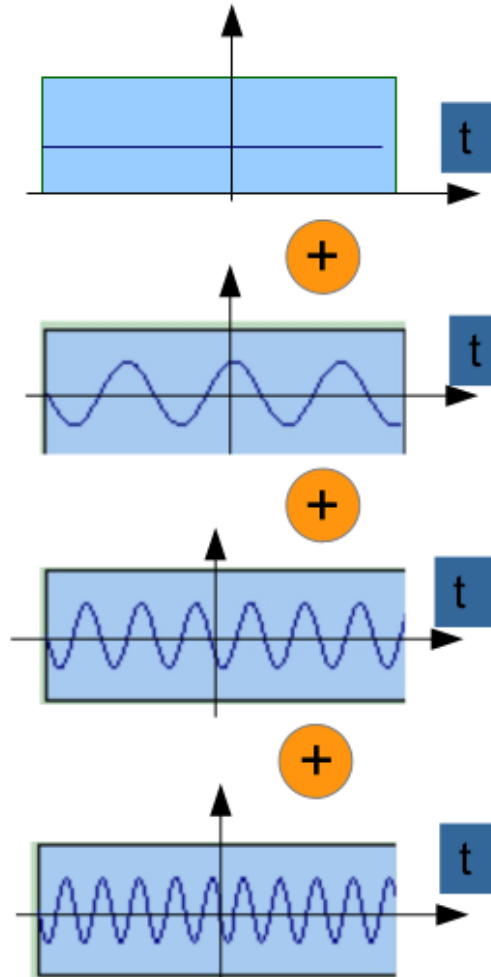
- Analogie : tout vecteur est décomposable en série de vecteurs unitaires



Fonction périodique

 $=$ 

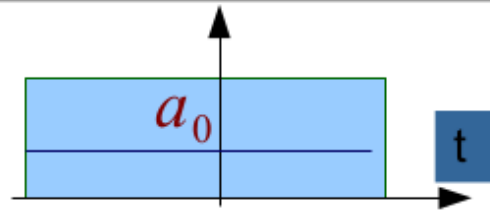
$s(t)$   
période  $T_0$   
Valeur moyenne  $a_0$

 $a_0$ 

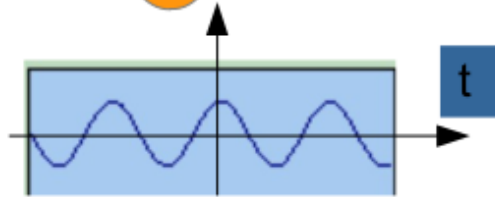
$$A_1 \cos(2\pi 1 f_0 t + \varphi_1)$$

$$A_2 \cos(2\pi 2 f_0 t + \varphi_2)$$

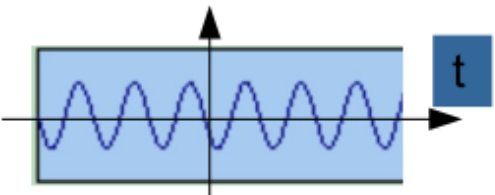
$$A_3 \cos(2\pi 3 f_0 t + \varphi_3)$$



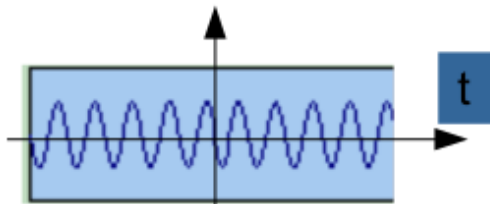
+



+



+

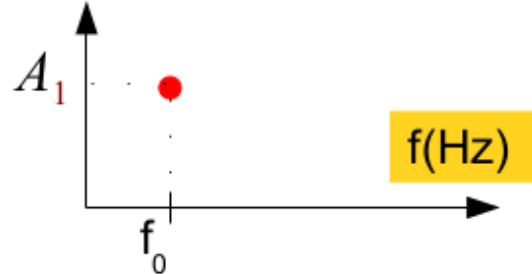


Spectre d'amplitude

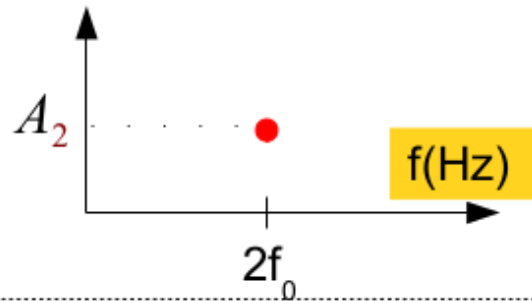
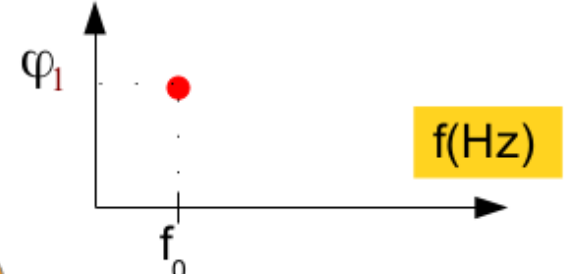


+

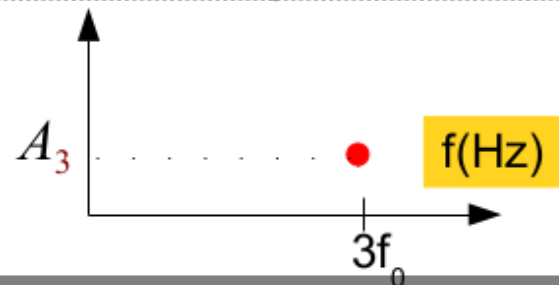
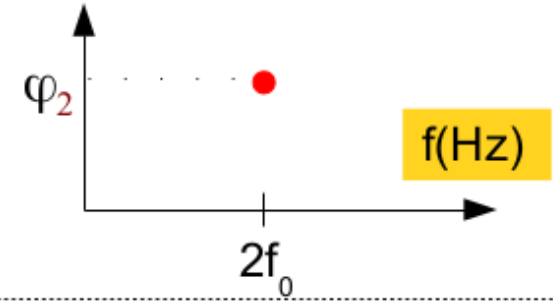
Spectre de phase



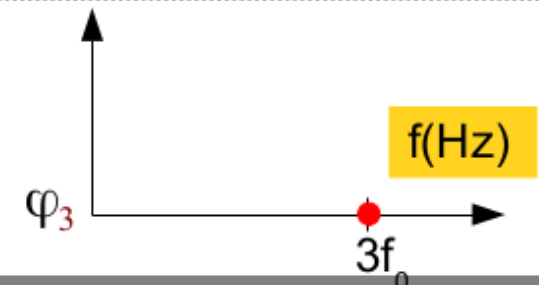
+



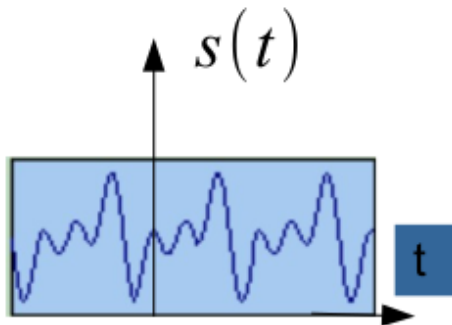
+



+

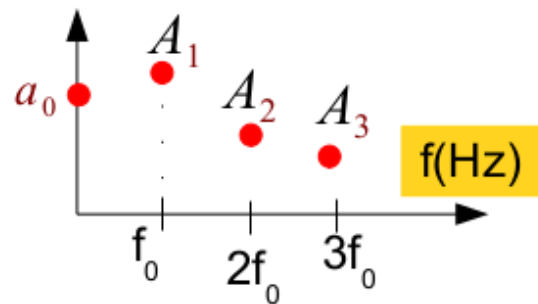


Représentation  
en  
*temps*

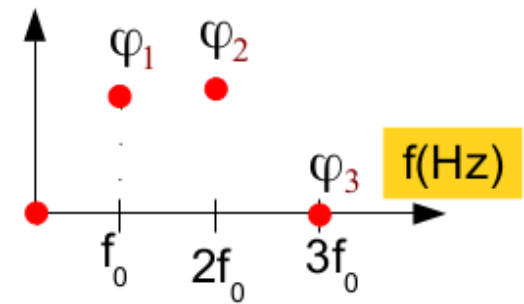


Représentation  
en  
*fréquence*

Spectre d'amplitude



Spectre de phase



Un signal périodique est caractérisé par un spectre de raies

$n = 0$  : valeur moyenne du signal ou composante continue

$f = f_0$  : fondamentale ou harmonique de rang 1 ( $n = 1$ )

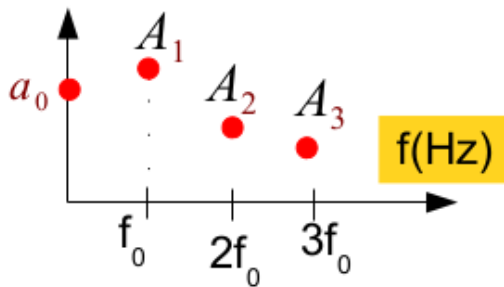
$f = n f_0$  : harmonique de rang  $n$

### Spectre unilatéral

Relations  
De  
passage

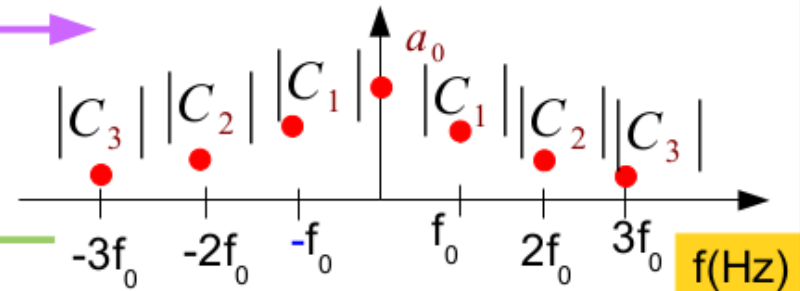
### Spectre bilatéral

#### Spectre d'amplitude

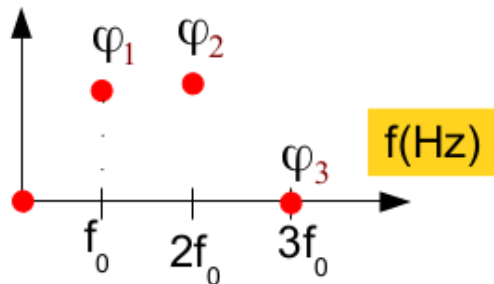


$$|C_{\pm n}| = \frac{A_n}{2}$$

$$A_n = 2 |C_{\pm n}|$$



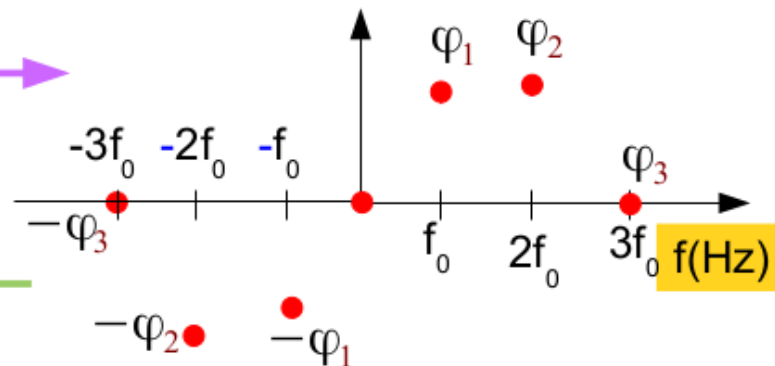
#### Spectre de phase



$$\varphi_{+n} = \varphi_n$$

$$\varphi_{-n} = -\varphi_n$$

$$\varphi_n = \varphi_{+n}$$



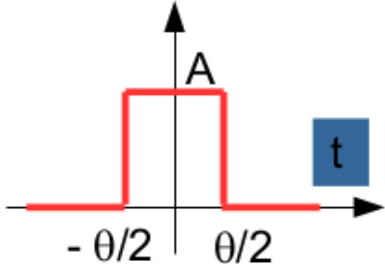
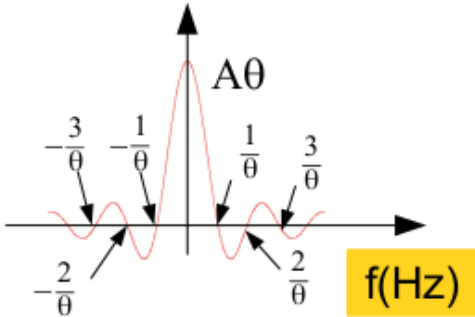
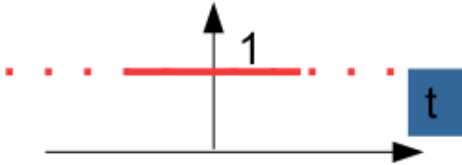
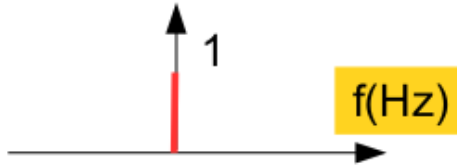
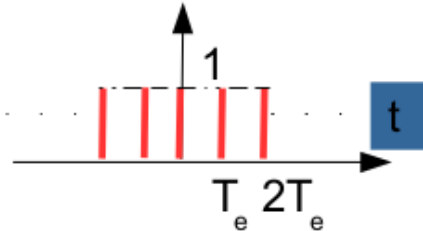
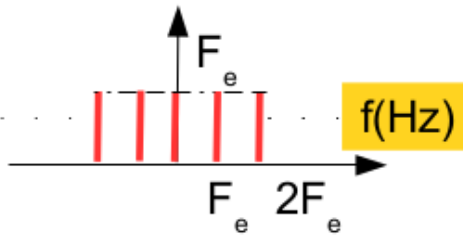


## Comment fait-on pour les signaux non périodiques ?

... On utilise l'outil « transformée de Fourier (TF) »

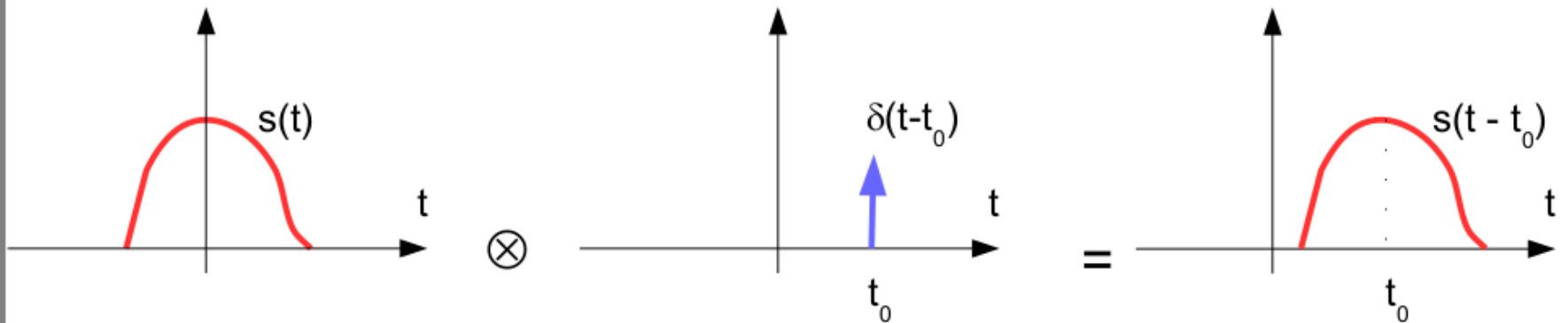
Représentation <b>temps</b>	Outil mathématiques	Représentation <b>fréquence</b>
Signal <b>périodique</b>	<b>Décomposition Série de Fourier</b>	spectre
Signal <b>non périodique</b>	<b>Transformée de Fourier</b>	spectre

## TF de quelques signaux

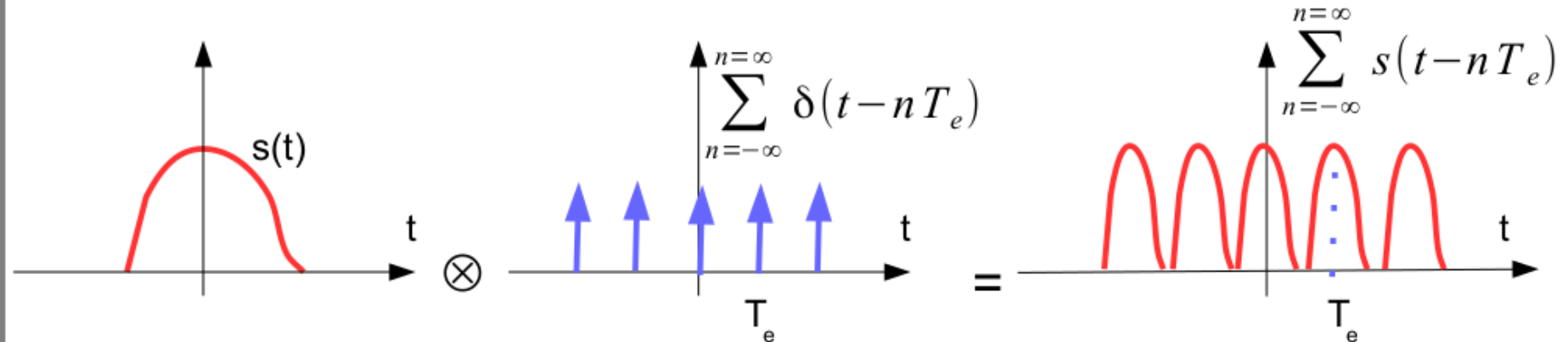
s(t)	Graphe s(t)	S(f)	Graphe S(f)
Signal « porte »  $\Pi_{\theta}(t)$		Sinus cardinal  $A\theta \operatorname{sinc}(\pi f \theta)$  $\operatorname{sinc}(x) = \frac{\sin(x)}{x}$	
Signal continu  1		fonction de Dirac  $\delta(f)$	
Peigne de Dirac  $\sum_{n=-\infty}^{n=\infty} \delta(t - nT_e)$		Peigne de Dirac  $F_e \sum_{n=-\infty}^{n=\infty} \delta(f - nF_e)$  avec $F_e = \frac{1}{T_e}$	

## La convolution « facile »

Convolution avec la fonction de Dirac = décalage

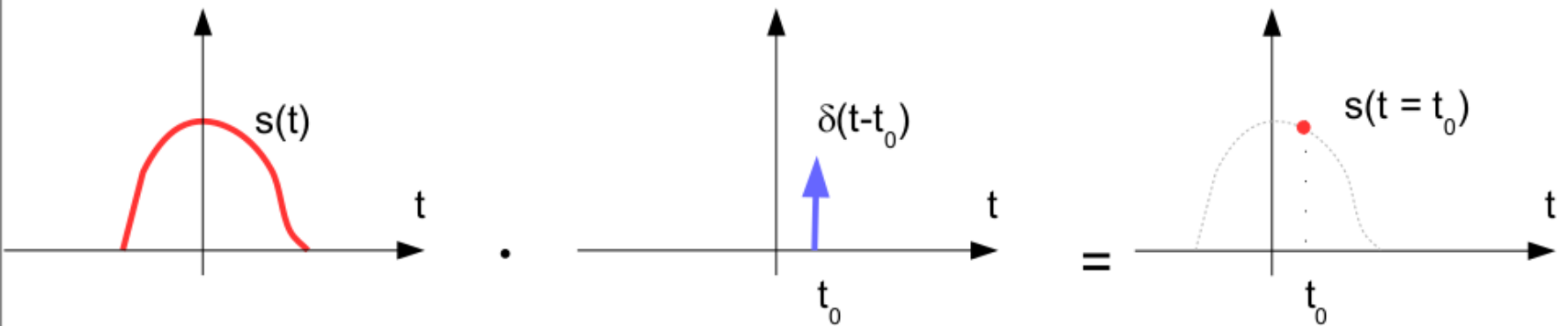


Convolution avec un peigne de Dirac = périodisation

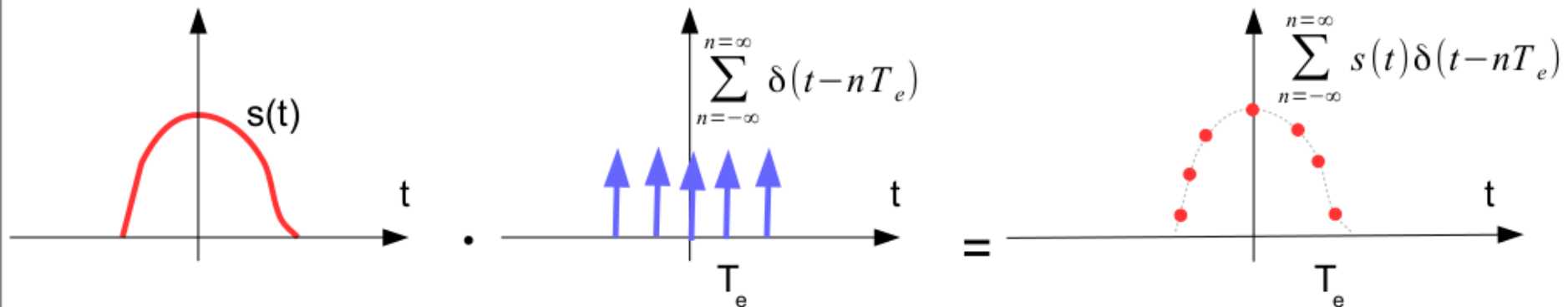


## Le dirac « très facile »

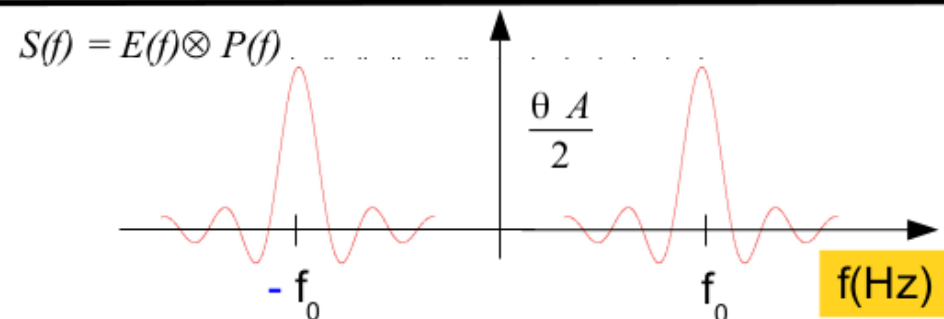
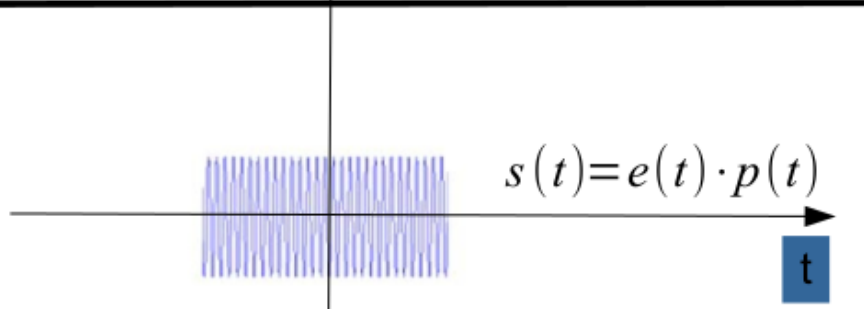
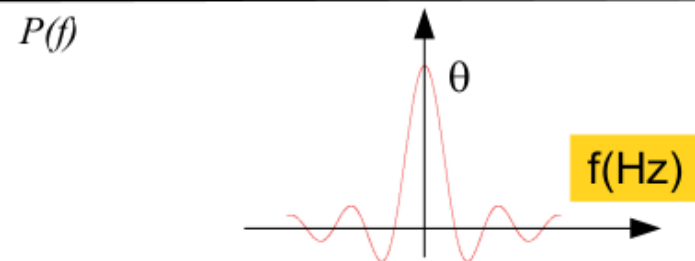
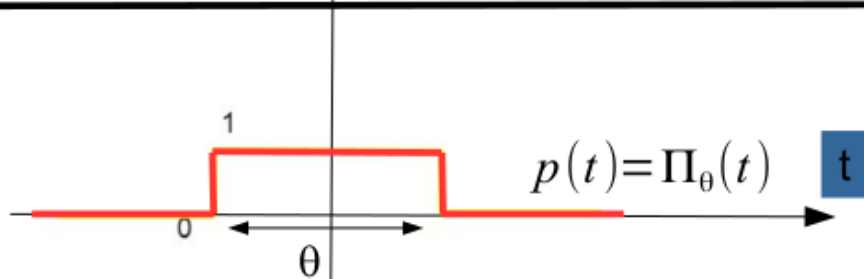
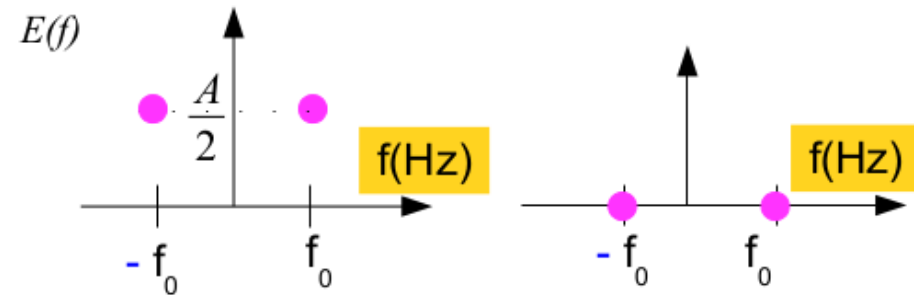
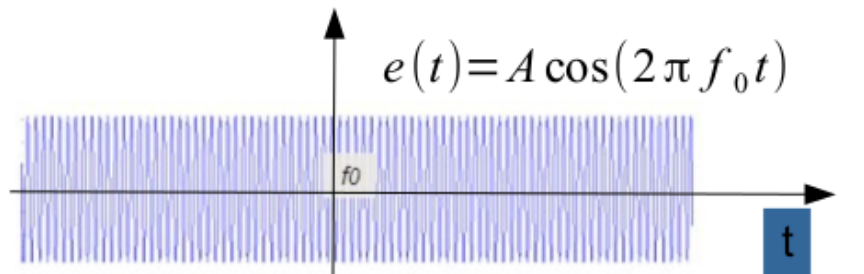
multiplication avec la fonction de Dirac = échantillon



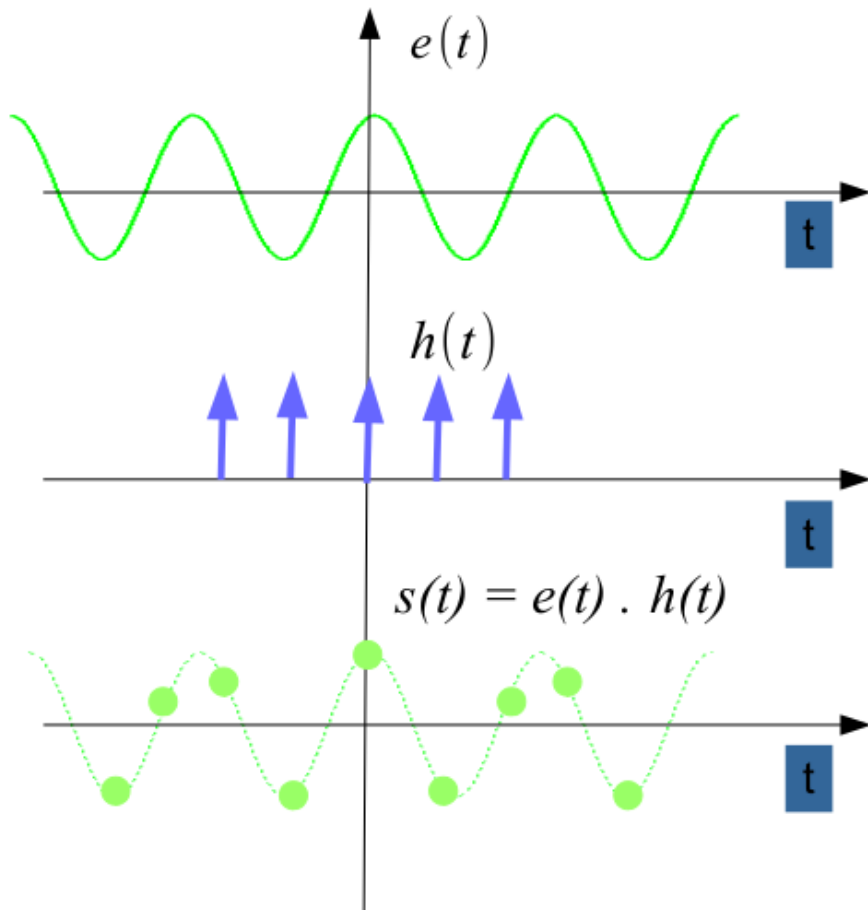
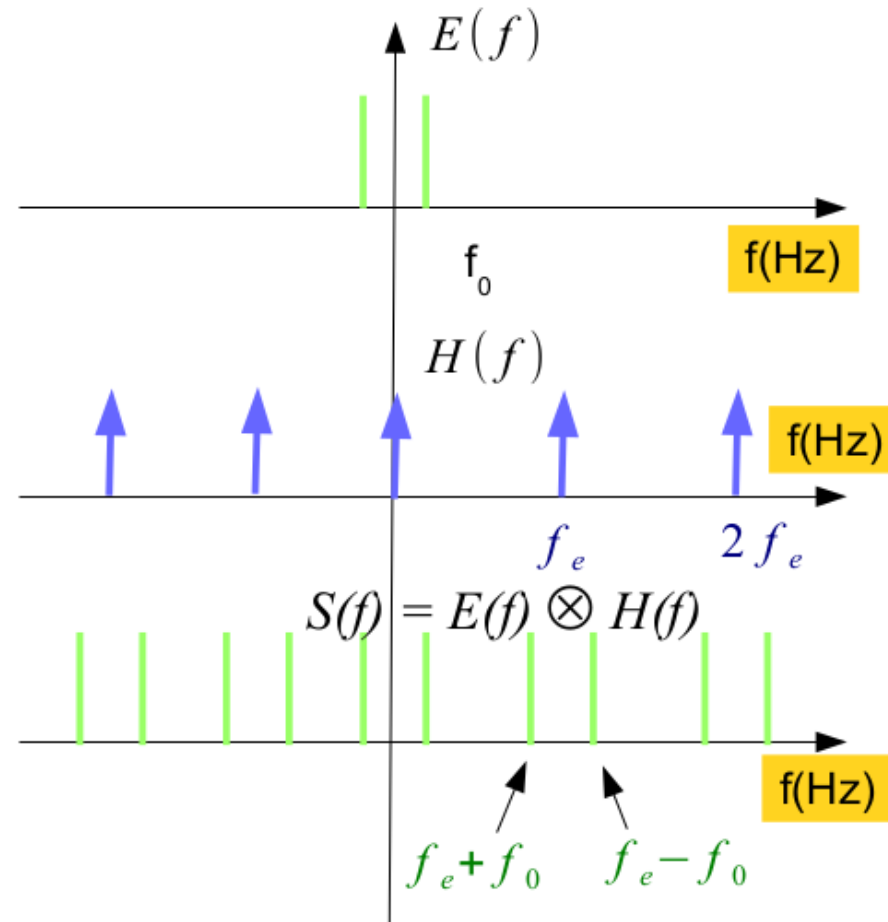
Convolution avec un peigne de Dirac = échantillonnage



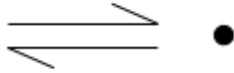
# Une application : « le fenêtrage »

*Temps*
*Fréquence*


## Une application : l'échantillonnage

*Temps**Fréquence*

## Un bilan



Échantillonner  $\Leftrightarrow$  multiplier par un peigne de dirac



Rendre périodique : convoluer par un peigne de dirac



Observer sur une durée finie : multiplier par  $\Pi_{\theta}(t)$

## Analyzer Definitions



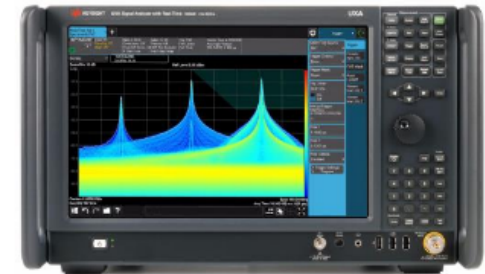
### Spectrum Analyzer

- Measures magnitude of input signal versus frequency
- Primarily used to measure the power of the spectrum of known and unknown signals



### Vector Signal Analyzer

- Measures magnitude and phase of input signal at a single frequency
- Primarily used to make in-channel measurements



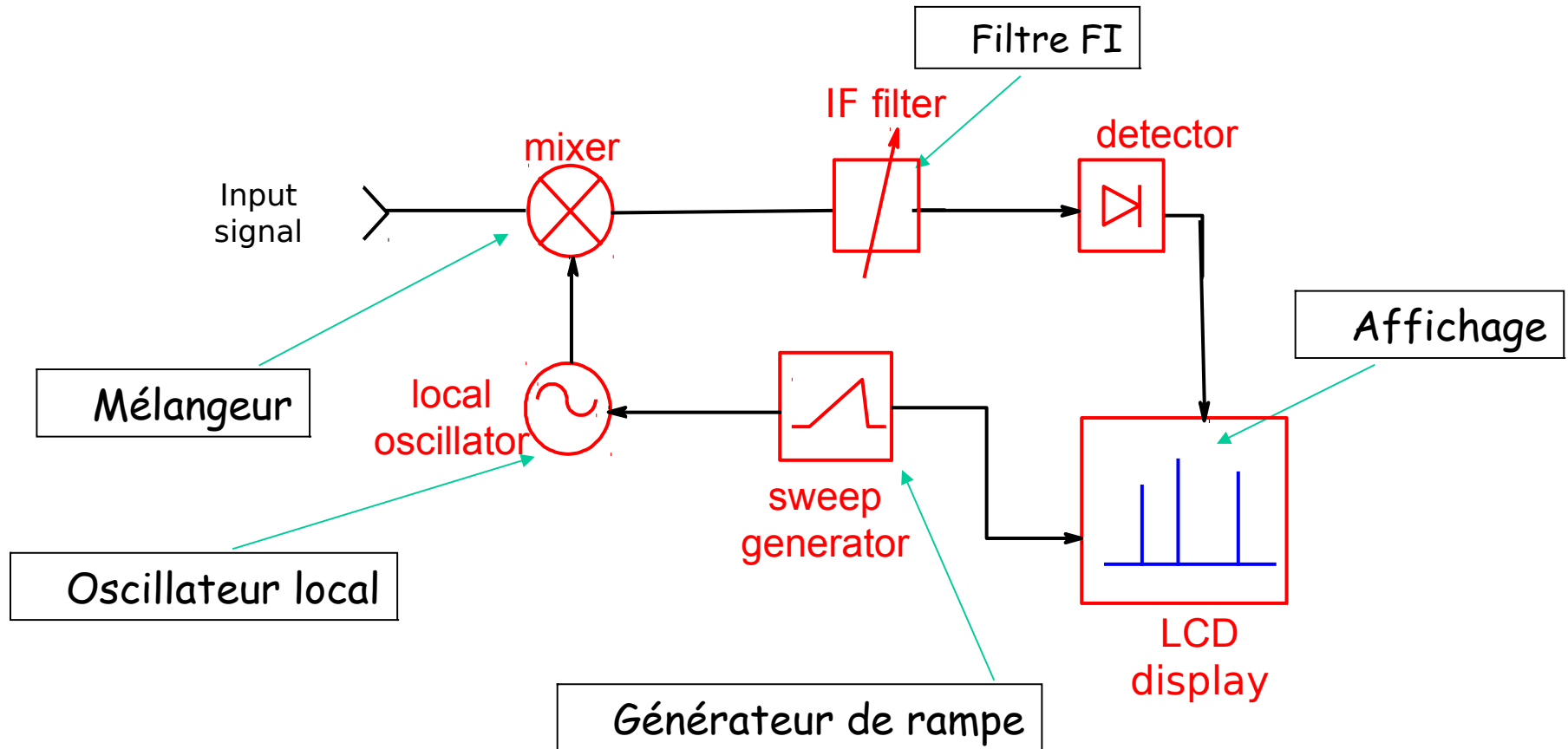
### Signal Analyzer

- Provides the functions of a spectrum analyzer and a vector signal analyzer



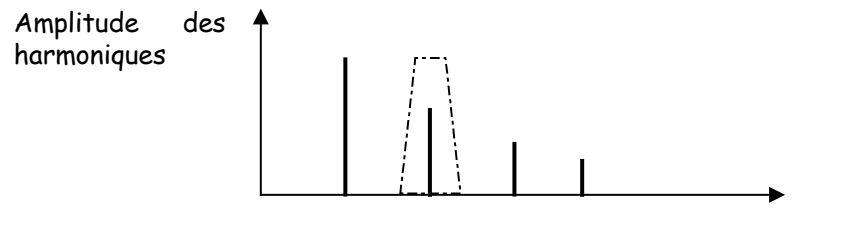


# Principe de fonctionnement d'un analyseur



### Principe de fonctionnement d'un analyseur

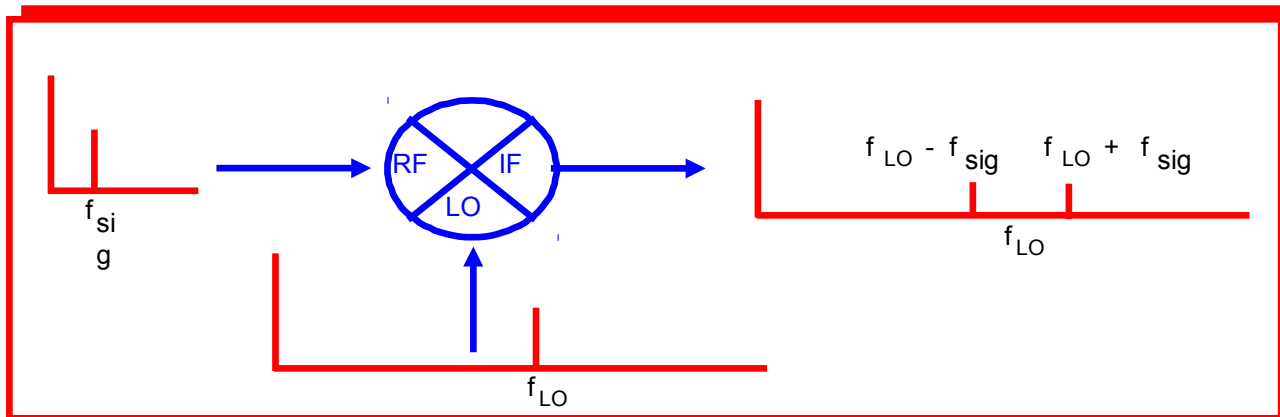
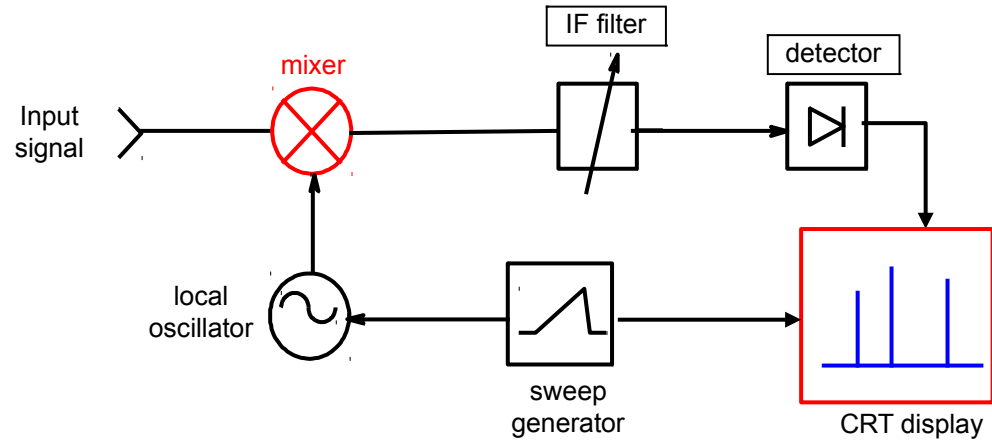
- Sélection des différentes composantes sinusoïdales du signal



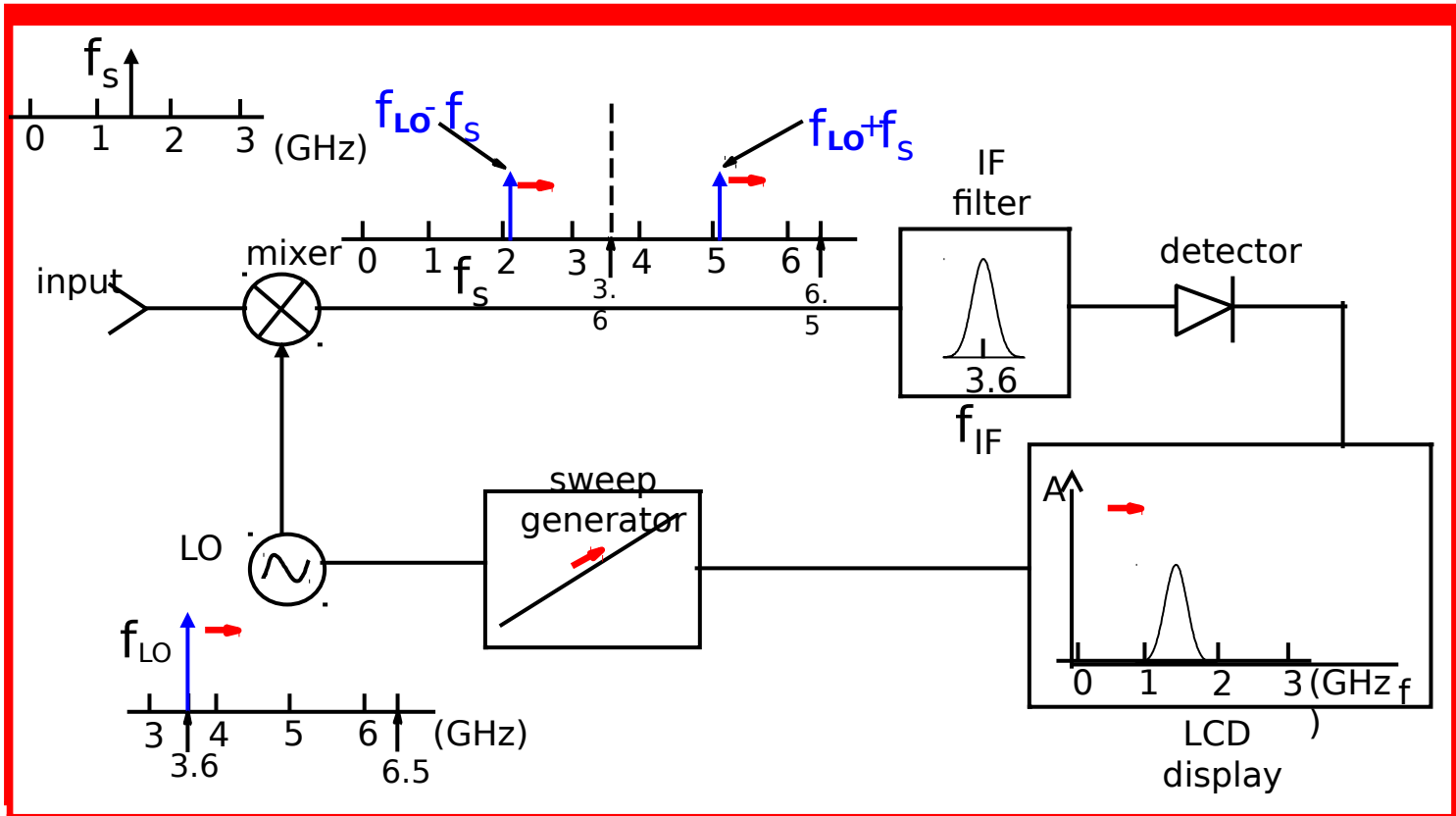
- **Filtre** à fréquence centrale fixe  $f_{FI}$
- **Mélangeur** : TRANSLATION de fréquences
- **Oscillateur Local** : sinusoïde à fréquence variable  $f_{OL}$
- **Générateur de rampe** : commande de l'OL, réglage temps de balayage

## Principe de fonctionnement d'un analyseur

### MÉLANGEUR

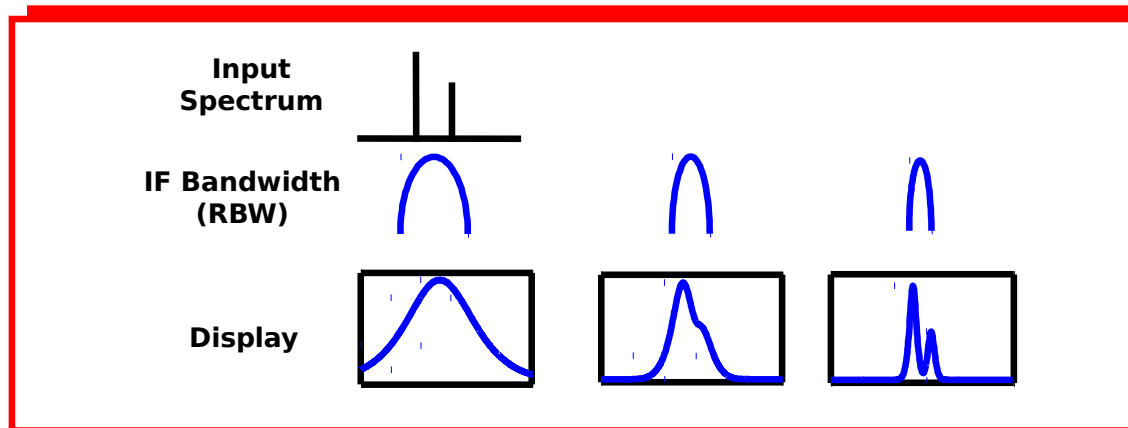
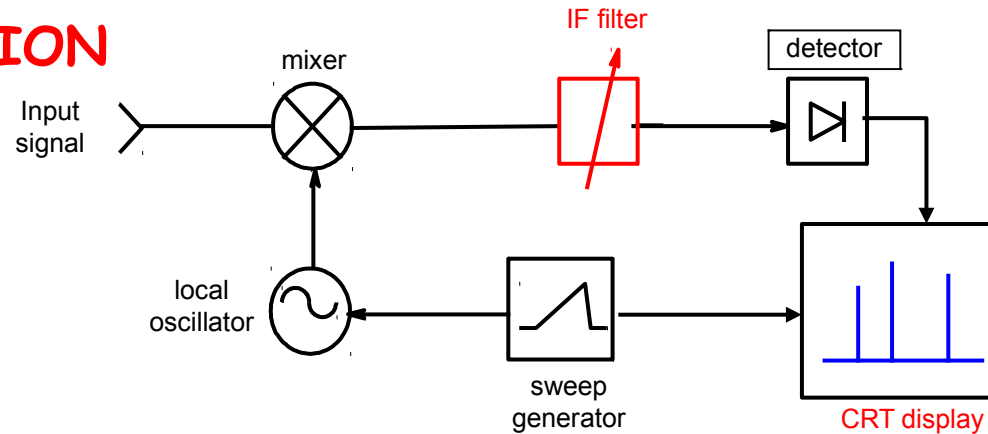


## Principe de fonctionnement d'un analyseur



## Principe de fonctionnement d'un analyseur

### FILTRE DE RÉOLUTION

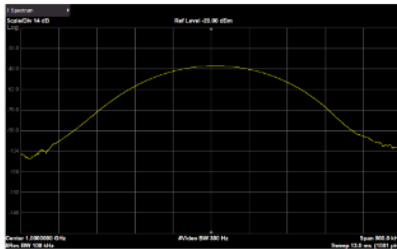


## Improving Sensitivity

### Reduce Resolution Bandwidth (RBW)

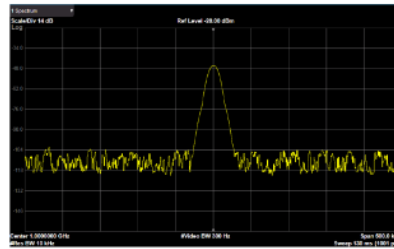
**The resolution bandwidth of a spectrum analyzer determines:**

- The details displayed
- The smallest frequency that can be resolved

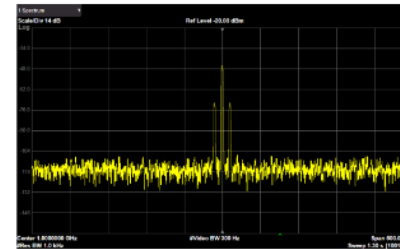


**100 kHz RBW**

- Faster sweep but fewer details

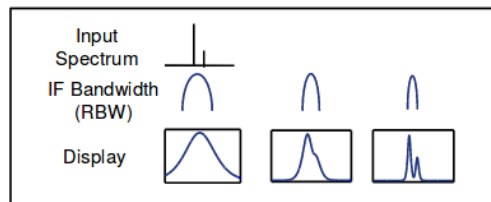


**10 kHz RBW**

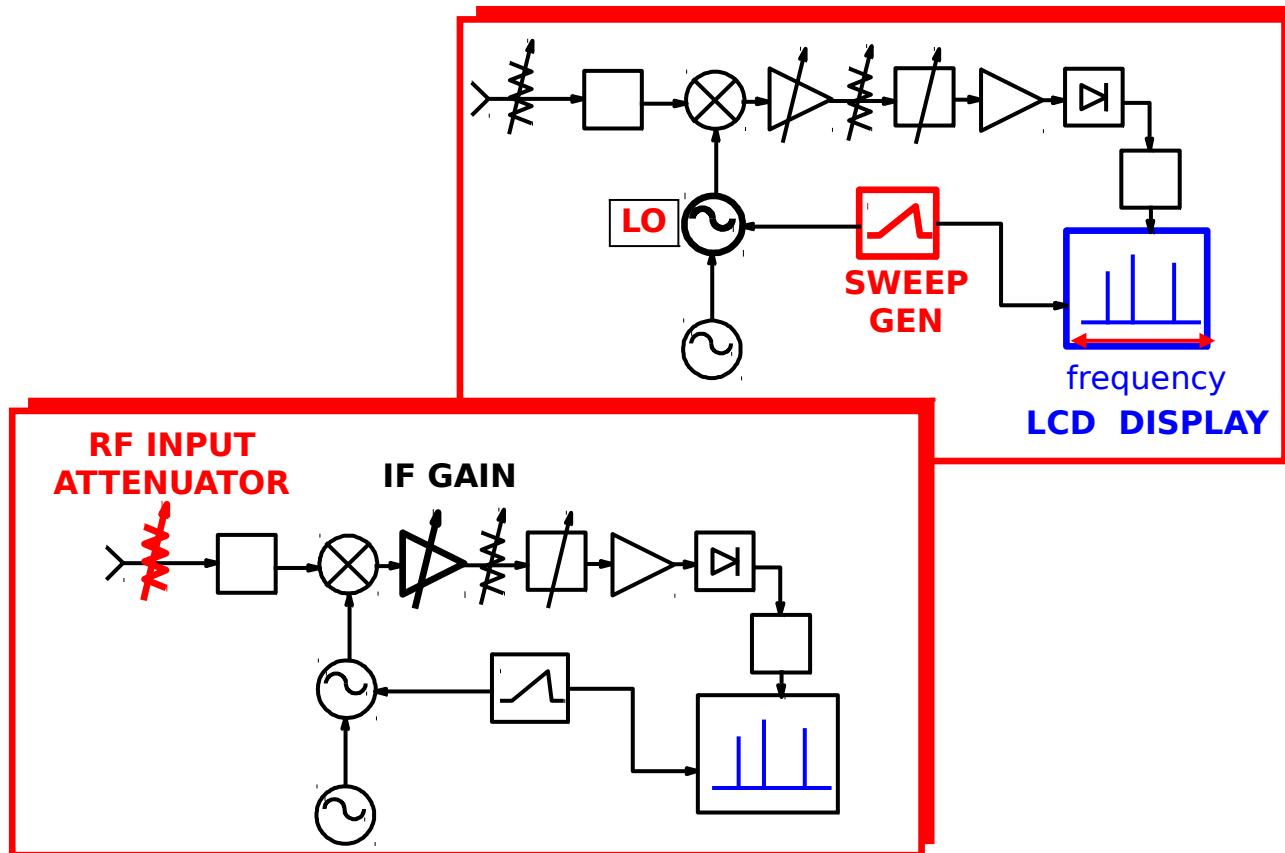


**1 kHz RBW**

- Slower sweep but more details

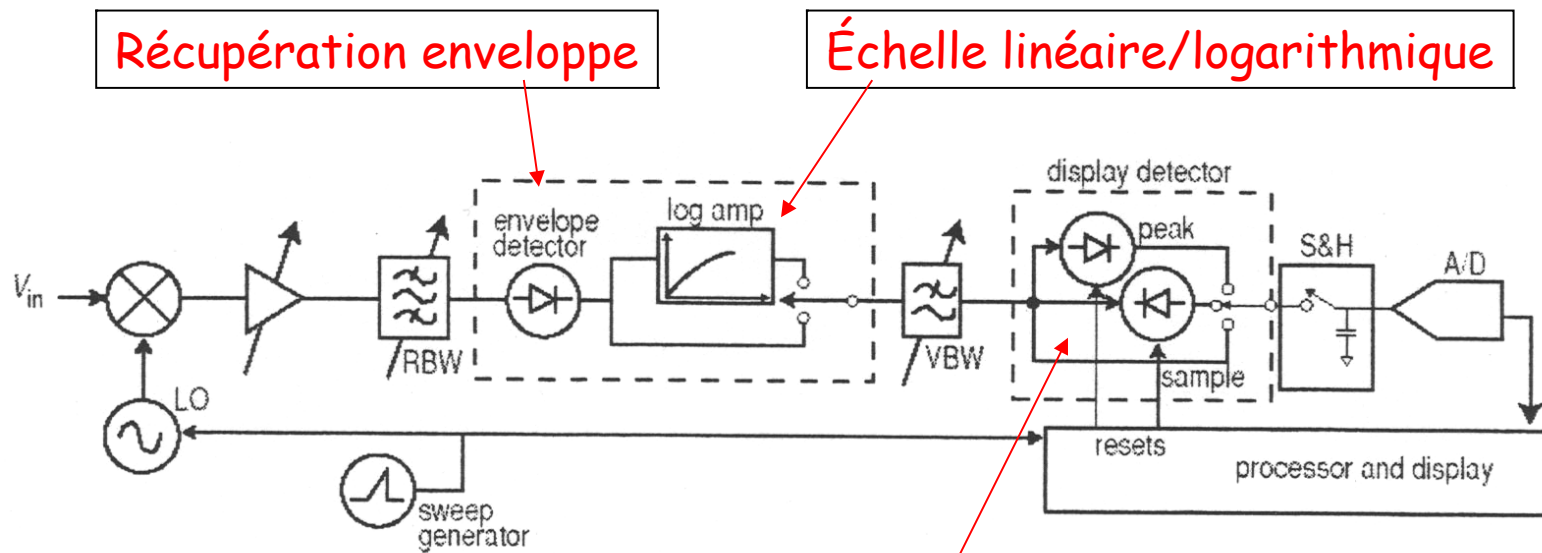


# GÉNÉRATEUR DE RAMPE, ATTÉNUATEUR



## Principe de fonctionnement d'un analyseur

### DÉTECTEUR



Mesure de sinusoïdes : détecteur **PEAK**  
Mesure de bruit : détecteur **SAMPLE**



## DÉTECTEUR

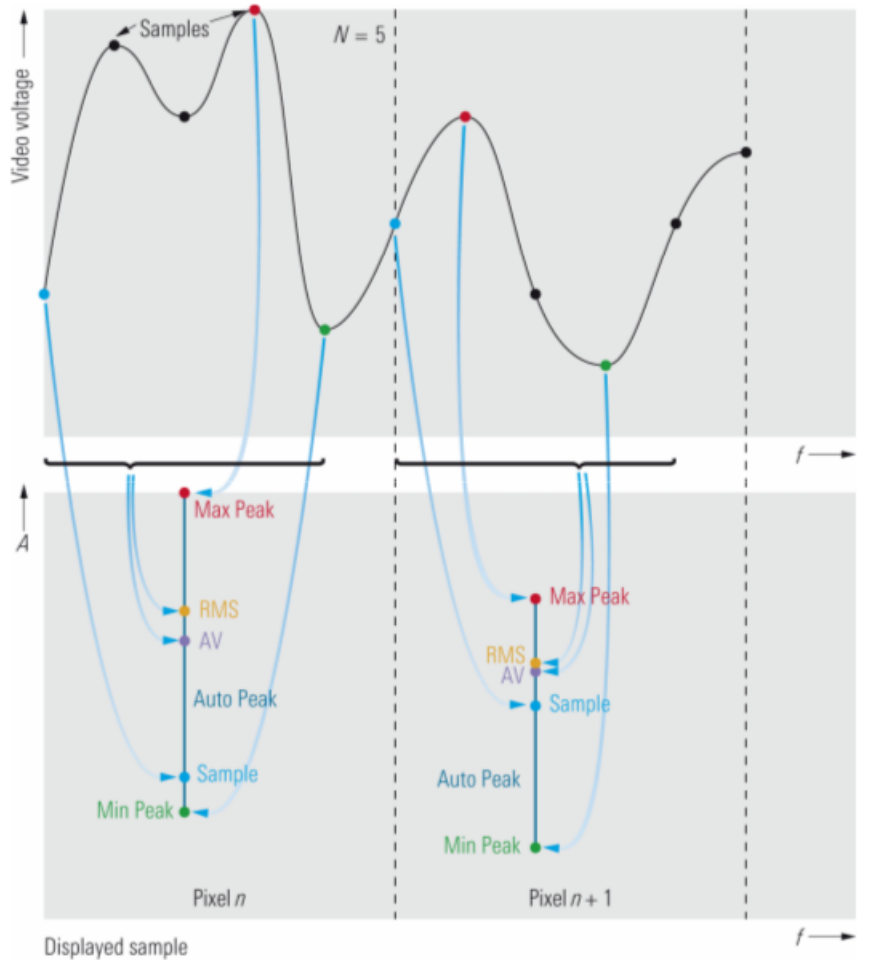
**Normal:** Displays both the maximum level and the minimum level present between the current sample point and the next sample point.

**Pos Peak:** Displays the maximum level present between the current sample point and the next sample point. Pos Peak is used to measure the peak value of signals near the noise level.

**Sample:** Displays the instantaneous signal level at each sample point. Sample is used for noise level measurement and time domain measurement.

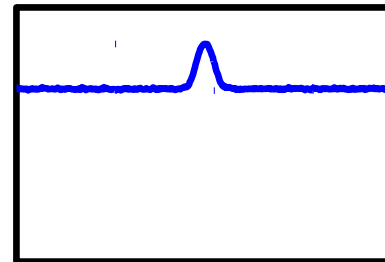
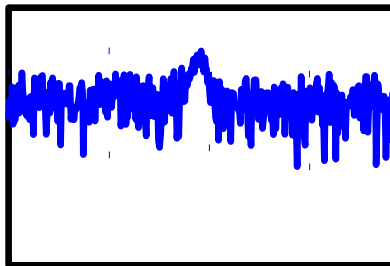
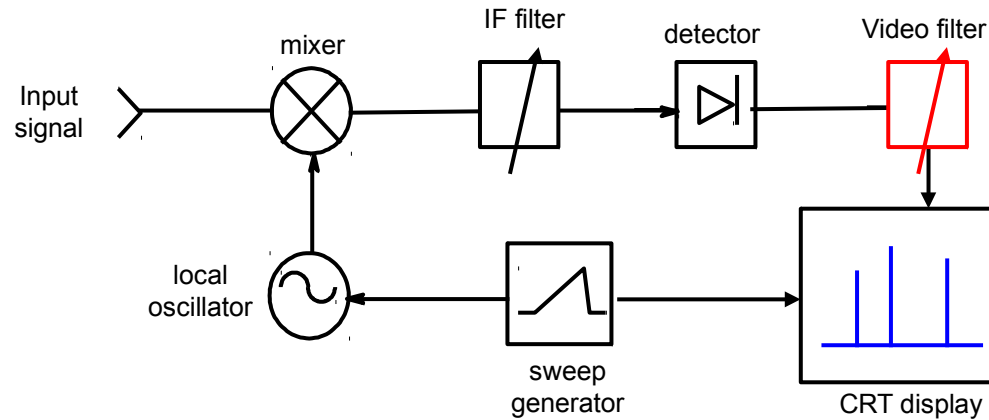
**Neg Peak:** Displays the minimum level present between the current sample point and the next sample point.

**RMS:** Displays the root-mean-square (effective) value of the signal input between the current sample point and the next sample point.

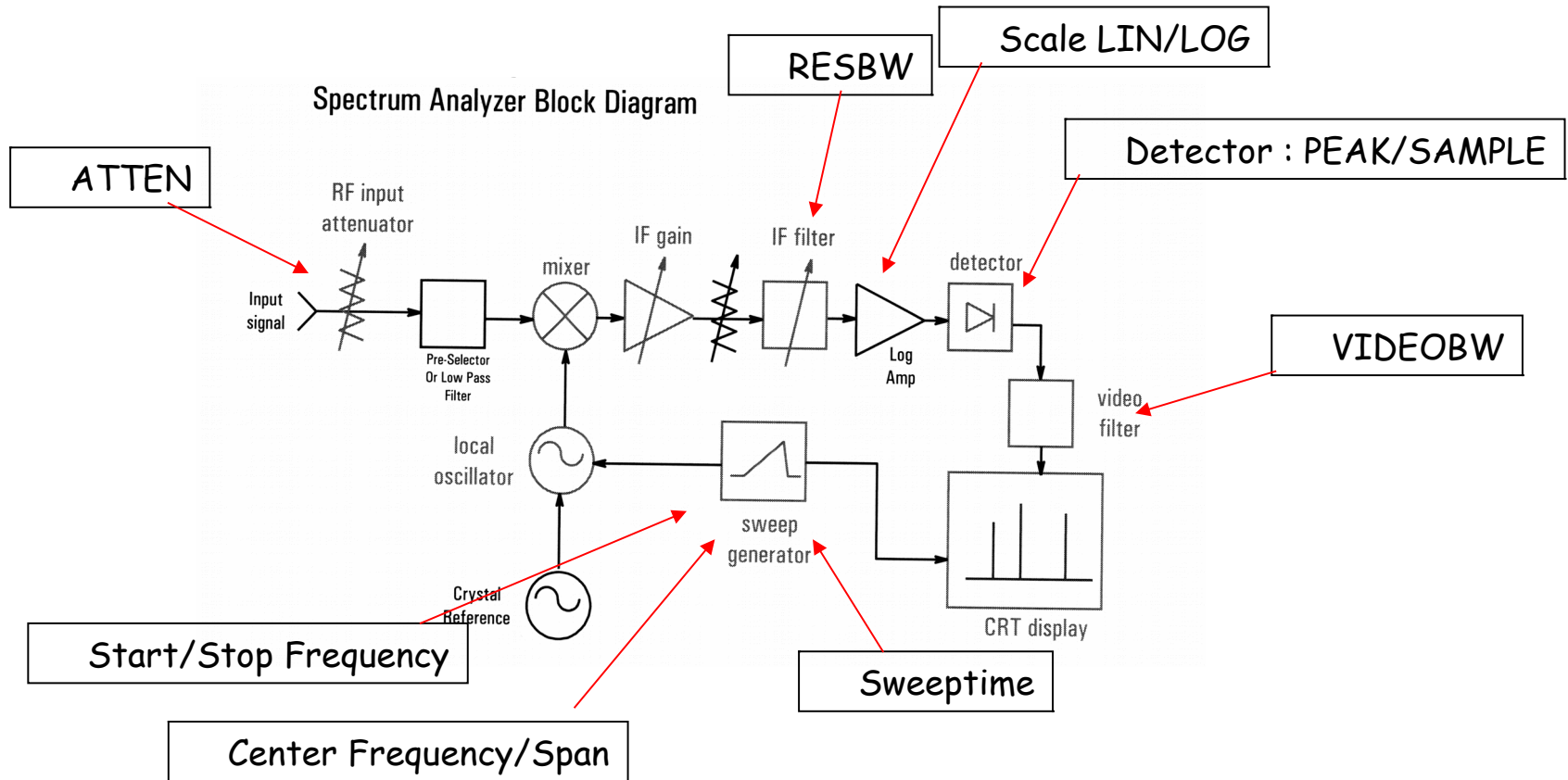


## Principe de fonctionnement d'un analyseur

### FILTRE VIDÉO



### Réglages de l'analyseur de spectre



### Précautions d'utilisation de l'analyseur

- MELANGEUR :

Niveau optimal de puissance sur le mélangeur : **-30 dBm**

Distorsion du signal pour une puissance sur le mélangeur de **-10 dBm**

Destruction du mélangeur pour une puissance de **10 dBm**

Destruction du mélangeur si une tension continue est appliquée

**PUISSANCE MAXIMALE DE SECURITE : 0 dBm**

- ATTENUATEUR :

Ne supporte qu'une puissance limitée : **30dBm**