



Cours de Traitement de Signal et Communication Numérique

Par:

Hassan EL FADIL

elfadil.h@gmail.com

PLAN

- **CH1** Introduction Générale
- **CH2** Transformée Fourier
- **CH3** Filtrage Analogique
- **CH4** Numérisation d'un Signal Analogique
- **CH5** Communication Numérique

CH1: Introduction générale

1. Signal?

- Que signifie *signal* ? toute entité véhiculant une *information* (Picinbono 1989)
- C'est une représentation obtenue à partir des variations d'une grandeur physique.
- Exemples :

Grandeur physique

Onde acoustique
température, pression,

Information

musique, parole...
courant, tension,...

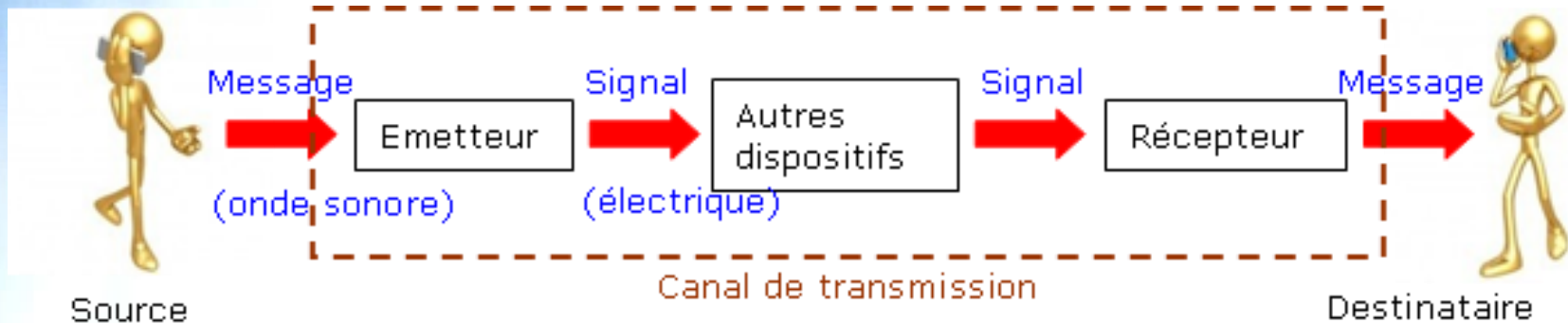
2. Traitement du signal ? :

Le traitement de signal permet de:

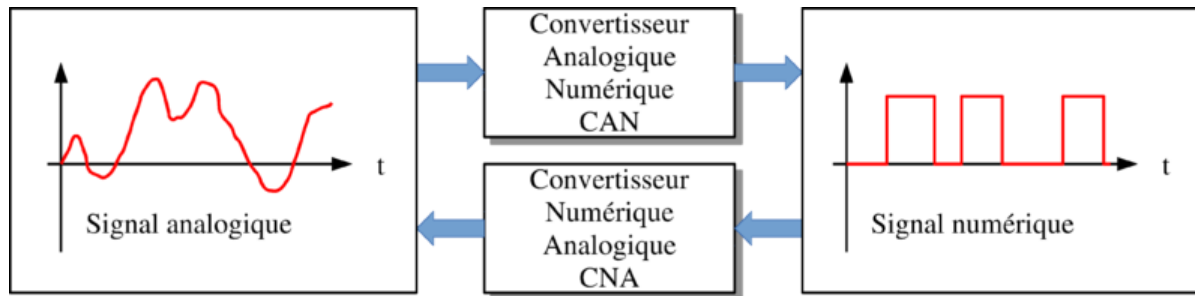
- extraire l'information: filtrage, détection, estimation, analyse spectrale...
- mettre en forme le signal (modulation, échantillonnage....)
 - ➡ forme adaptée à la transmission ou au stockage
- analyser l'information : reconnaissance de formes

3. Quelques applications

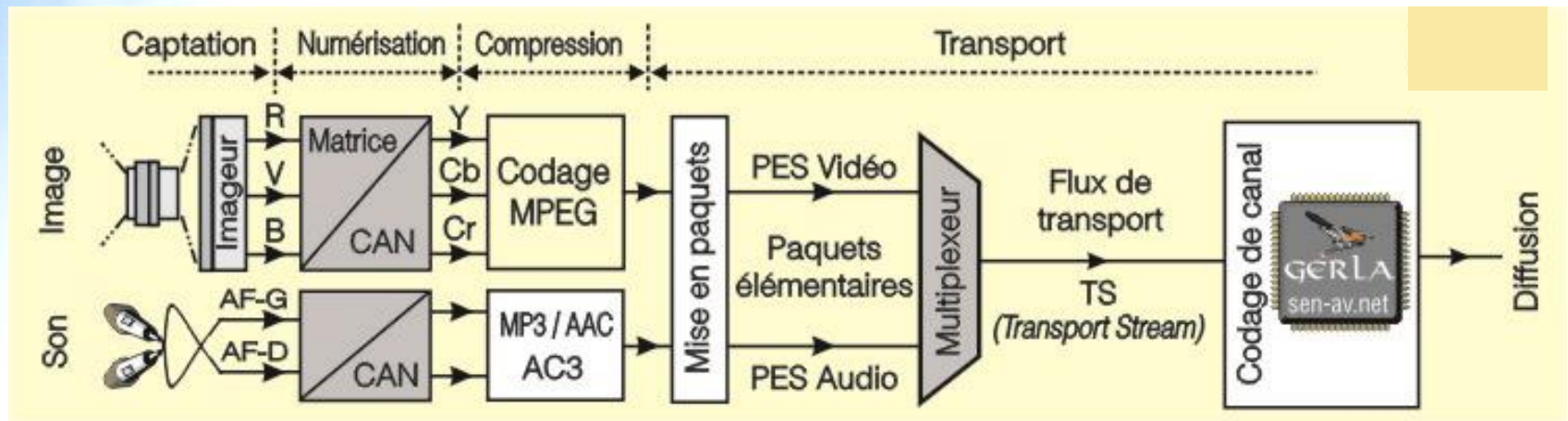
1) En téléphonie mobile,



2) Cartes son, synthèse musicale,



3) *codage vidéo et audio en visiophonie*, formats d'échange audio et vidéo, ...

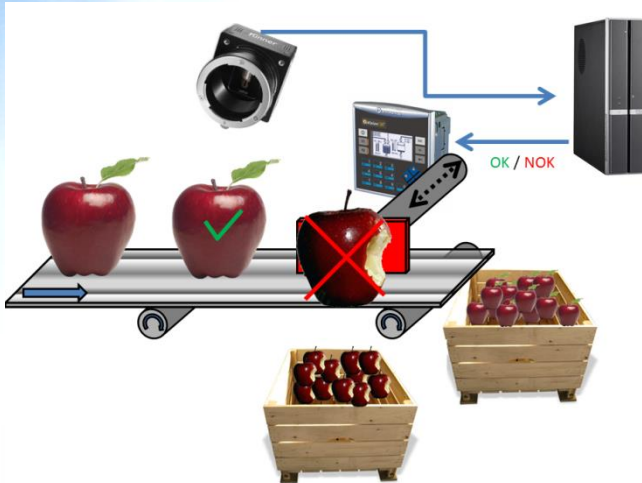


4) *reconnaissance de la parole*,

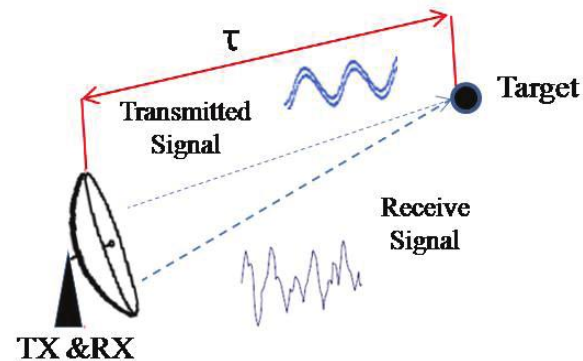


Ma voix comme mot de passe

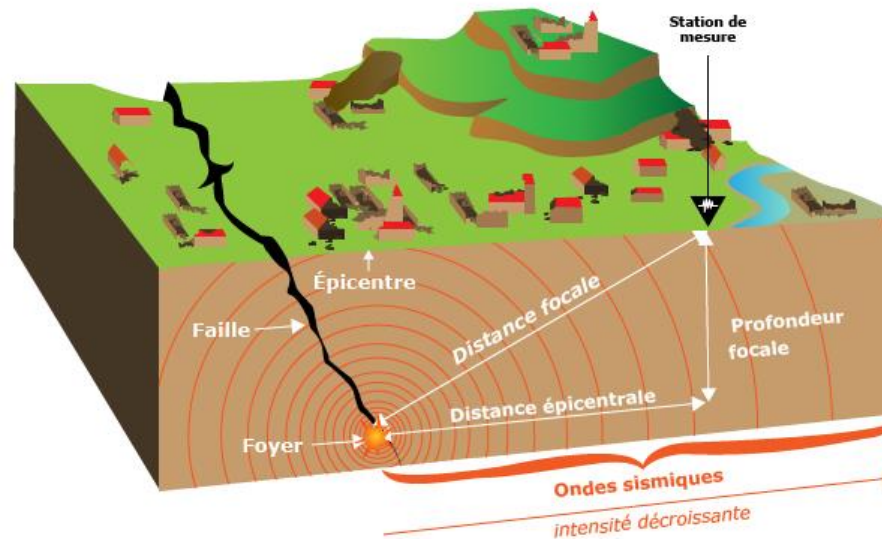
5) vision industrielle,



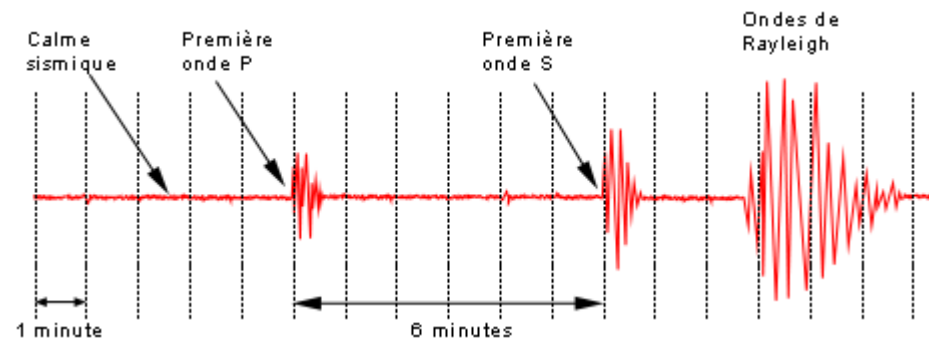
6) suivi de cibles, radars, ...



7) analyse du sous sol (ondes sismiques, recherche pétrolière...)

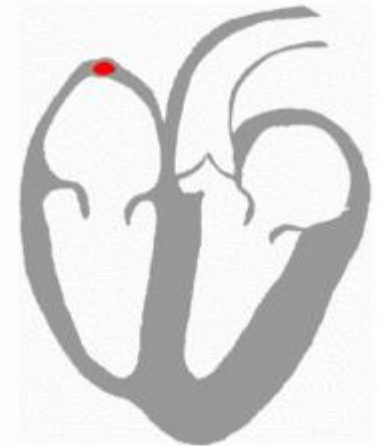


Enregistrement d'un sismographe



8) aide au diagnostic médical (EEG, ECG, ...)

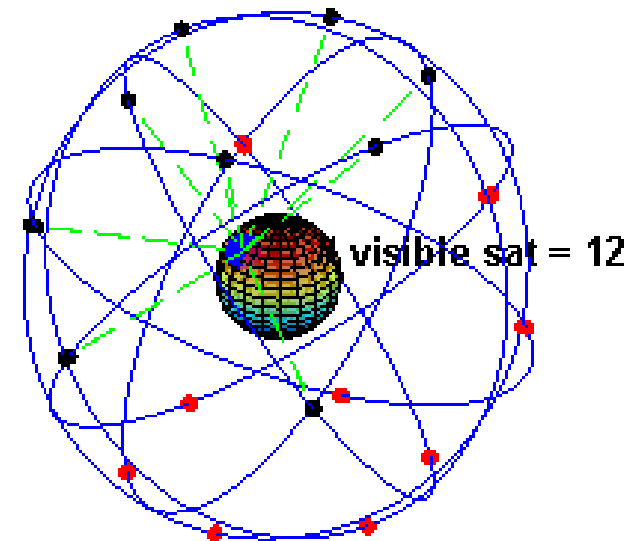
- **L'électroencéphalogramme (ou EEG)** est un examen qui permet de mesurer l'activité électrique du cerveau.
- **L'électrocardiographie (ECG)** est une représentation graphique de l'activité électrique du cœur.



9) Le Global Positioning System (GPS) ou « Géo-positionnement par satellite »,

- Le GPS fonctionne avec une constellation de **31 satellites en orbite** autour de la Terre. Chaque satellite envoie sur Terre des signaux qui comportent :
 - la position dans l'espace du satellite
 - l'heure et la date d'émission du signal
- La puce GPS, qu'elle soit contenue dans un smartphone ou un boîtier GPS, se contente de capter ces signaux. Quand l'appareil a reçu les signaux d'un minimum de **4 satellites**, il est alors en mesure de calculer sa propre latitude, longitude et altitude, et donc de déterminer la position.

..... *la liste n'est pas exhaustive*



4. Classification des signaux

Les signaux peuvent être classés selon plusieurs critères:

1) selon leur dimension (*classification dimensionnelle*)

- Tension électrique $v(t)$ = signal *unidimensionnel*
- Image statique niveaux de gris $\Leftrightarrow$ luminance $I(x,y)$ = signal *bidimensionnel*
- Séquence d'images $\Leftrightarrow I(x,y,t)$ = signal *tridimensionnel*

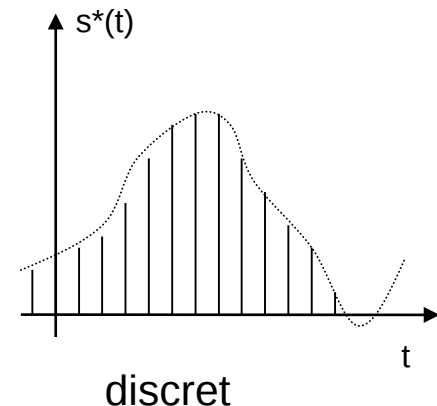
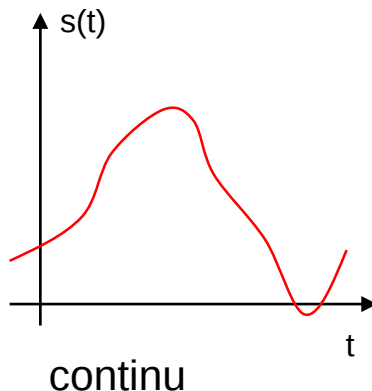
La théorie du signal est *indépendante* de la *nature physique* du signal

2) selon le caractère déterministe ou aléatoire (*classification phénoménologique*)

- **Signal déterministe** : l'évolution peut être parfaitement prédite par un modèle mathématique approprié
- **Signal aléatoire** : comportement *imprévisible* $\Rightarrow$ description *statistique*
- tout signal physique comporte une *composante* aléatoire (perturbation externe, phénomène quantique ...)

3) selon leur nature discrète ou continue (*classification morphologique*)

- Signal « à temps continu » = signal susceptible d'être observé et mesuré à chaque instant. La plupart des phénomènes physiques (en tous cas les phénomènes naturels) sont de nature continue.
- Le signal est dit à temps discret lorsqu'il est défini et susceptible d'être mesuré à des certains instants seulement. Les signaux continus et échantillonnés à *intervalles réguliers* font partie de cette catégorie.



5. Moyenne, Energie, Puissance

- La *moyenne* d'un signal déterministe se définit par, avec T_1 temps d'intégration :

$$m = \lim_{T_1 \rightarrow +\infty} \frac{1}{T_1} \int_{T_1} x(t) dt$$

- Cette valeur représente la composante continue du signal. Pour un signal périodique de période T_0 , cette valeur se ramène à :

$$m = \frac{1}{T_0} \int_{T_0} x(t) dt$$

- Pour un signal à temps continu $x(t)$, et un signal à temps discret $x(k)$, **leur énergie** s'exprime par :

$$E = \int_{-\infty}^{+\infty} |x(t)|^2 dt \quad \text{et} \quad E = \sum_k |x(k)|^2$$

- et **leur puissance moyenne** par :

$$P = \lim_{T \rightarrow +\infty} \frac{1}{T} \int_T |x(t)|^2 dt \quad \text{et} \quad P = \lim_{N \rightarrow +\infty} \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N |x(k)|^2$$

6. Classification des signaux selon leur énergie

- On distingue également un signal selon sa classification énergétique

- énergie finie:

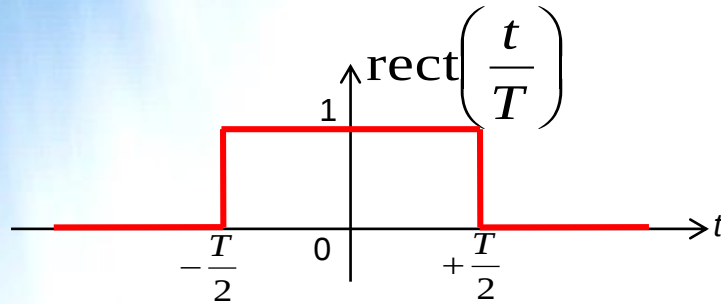
$$E = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t)^2 dt < \infty$$

- énergie infinie:

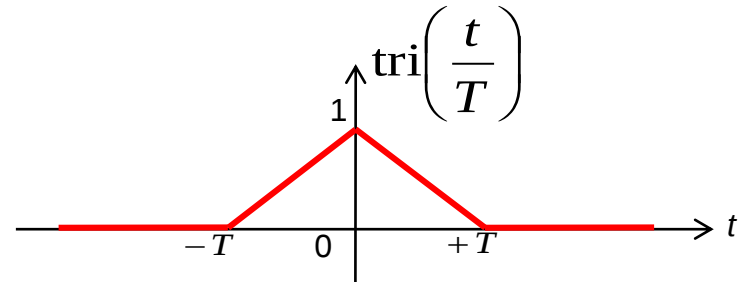
$$E = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t)^2 dt = \infty$$

a) Exemples de signaux à énergie finie

Signaux à support temporel borné

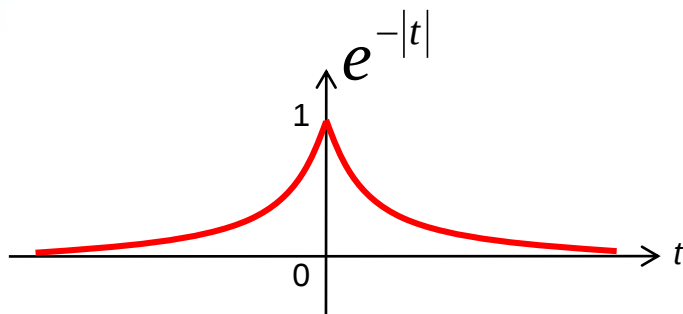


Porte rectangulaire

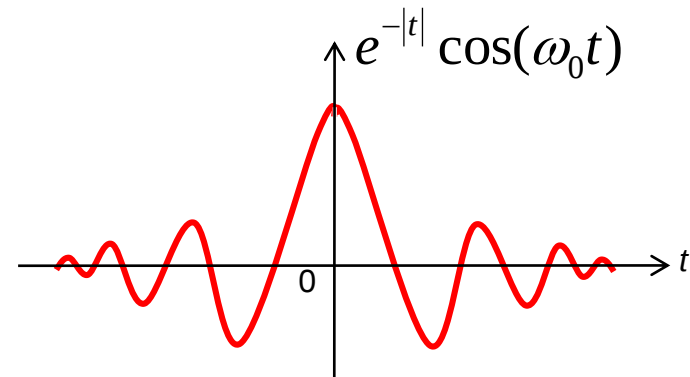


Porte triangulaire

Signaux à support temporel non borné



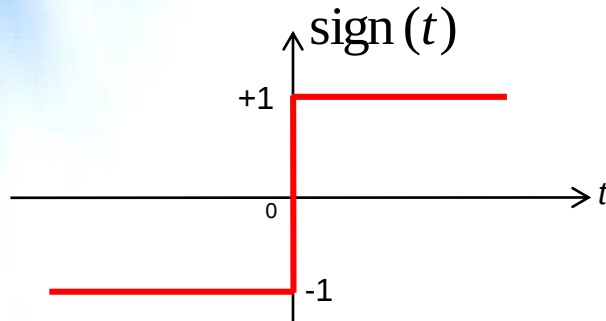
signal exponentiel décroissant



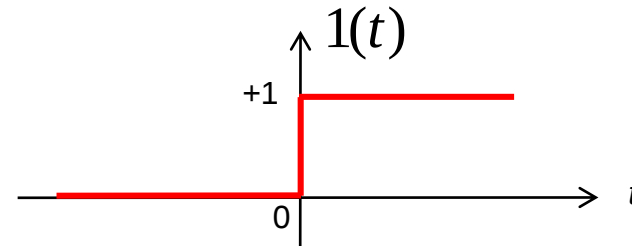
Signal oscillatoire exponentiel décroissant

b) Exemples de signaux à énergie infinie

Signaux signe et échelon:

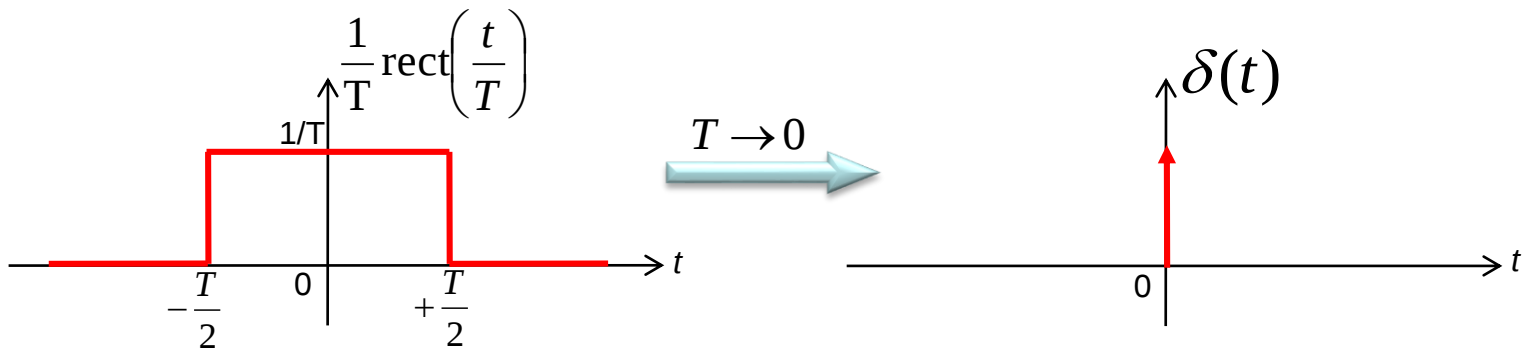


Signal Signe



Signal Echelon :
Intervient comme facteur multiplicatif
pour construire un signal causal

Impulsion de Dirac:



c) Quelques propriétés de l'impulsion de Dirac

$$\delta(t) = 0 \quad (t \neq 0) \quad ; \quad \delta(0) = \text{indéfini}$$

$$\int_{-\infty}^{+\infty} x(t) \delta(t) dt = x(0)$$

$$\int_{-\infty}^{+\infty} x(t) \delta(t - t_0) dt = x(t_0)$$

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \delta(t) dt = 1 \quad ; \quad \int_{-\infty}^{+\infty} \delta(t)^2 dt = \infty \quad (\text{énergie infinie})$$

$$\frac{d1(t)}{dt} = \delta(t)$$

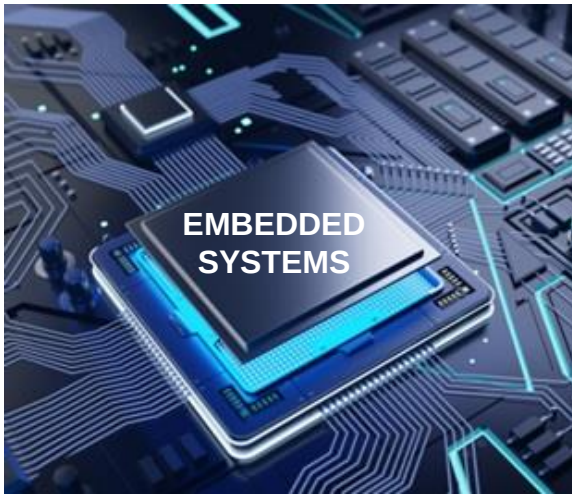
$$x(t) \delta(t) = x(0) \delta(t)$$

$$x(t) \delta(t - t_0) = x(t_0) \delta(t - t_0)$$

$$\delta(at) = \frac{1}{|a|} \delta(t)$$

7. Signaux pairs, impairs, causals

- Un signal est **pair** si $x(t) = x(-t)$. Exemple : $\cos(\omega t)$
- Un signal est **impair** si $x(t) = -x(-t)$. Exemple : $\sin(\omega t)$
- Un signal est dit **causal** s'il est nul pour toute valeur négative du temps $x(t) = 0$ pour $t < 0$.



FIN !
Questions ?