



DIRO
IFT 3205

TRAITEMENT DU SIGNAL

INTRODUCTION

Max Mignotte

Département d'Informatique et de Recherche Opérationnelle.
Http : [//www.iro.umontreal.ca/~mignotte/ift3205](http://www.iro.umontreal.ca/~mignotte/ift3205)
E-mail : mignotte@iro.umontreal.ca

INTRODUCTION

SOMMAIRE

Définition du Traitement du Signal	2
But du Traitement du Signal	3
Historique du Traitement du Signal	8
Application du Traitement du Signal	9
L'Image ou Signal Numérique	10
Échantillonnage & Quantification	13
Système de Traitement du Signal	16

INTRODUCTION DÉFINITION DU TRAITEMENT DU SIGNAL

Définition du Traitement du Signal

Le **Traitement numérique du Signal** est utilisé dans une grande variété d'applications (donc difficile de trouver une définition généralisée qui soit acceptable!)

1 Une définition possible

- **Traitement** : Action consistant à réaliser des opérations sur des données en suivant des instructions programmées
- **Numérique** : Se dit de la représentation d'informations ou de grandeurs physiques, au moyen de chiffres ou de ses valeurs discrètes
- **Signal** : Variation d'une grandeur physique de nature quelconque porteuse d'information

Traitement numérique du signal : Analyse ou modification de l'information, pouvant être représentée par une séquence discrète de chiffre

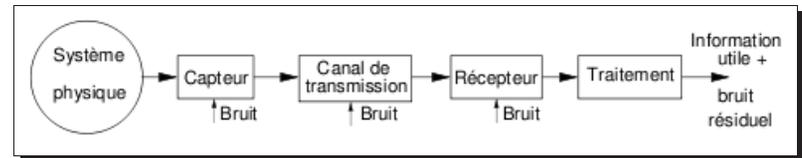
2 Une autre définition ...

Puisque le signal est le support/véhicule de l'information

Traiter numériquement un signal consiste à extraire l'information qu'il véhicule au moyen de traitements numériques (pour l'utiliser dans une application)

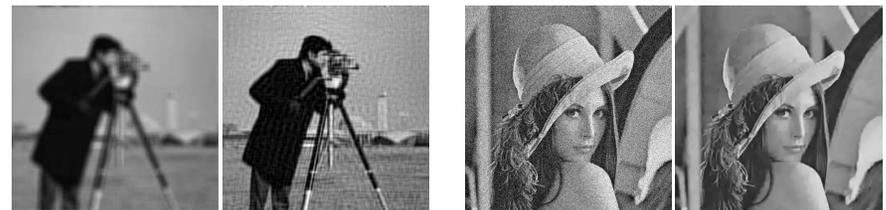
INTRODUCTION BUT DU TRAITEMENT DU SIGNAL (1)

Le Traitement du Signal
Cherche à extraire l'information véhiculée par le signal



1 Retrouver l'information avant que celle-ci ne soit altérée par des dégradations : [\[Restaurer/Débruiter/Regénérer\]](#)

Pour une Image

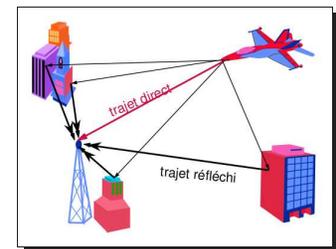


Déconvolution

Débruitage

Pour un Signal

- Amélioration des techniques d'enregistrement audio
- Correction ou élimination d'échos
- Élimination des parasites
- Égalisation de canal
- Déconvolution d'appareil
- ...



INTRODUCTION BUT DU TRAITEMENT DU SIGNAL (2)

2 L'information utile dans le signal est quelquefois le modèle qui a généré le signal que l'on essaie d'[\[Interpoler\]](#) ou d'[\[Extrapoler\]](#)

- Élimination de scratches ou d'inscriptions sur une image
- Interpolation/Extrapolation d'image ou de signal
- Prédiction de trajectoire
- ...



Interpolation



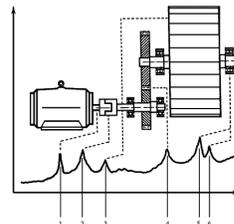
Extrapolation

3 L'information utile dans le signal est quelquefois une de ses composante que l'on essaie de [\[Détecter\]](#) et quelquefois de [\[Mesurer\]](#)

- Détection d'un défaut
- Détection d'un signal noyé dans du bruit
- Analyse d'électrocardiogramme, d'encéphalogramme
- Recalage de signaux/d'images
- ...



Mosaïque d'images



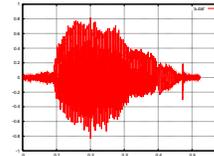
Détection de défaut

4

INTRODUCTION BUT DU TRAITEMENT DU SIGNAL (3)

4 L'information utile dans le signal est quelquefois des informations/propriétés sur la source qui l'a générée : [\[Reconnaissance\]](#) ou [\[Localisation\]](#) de source

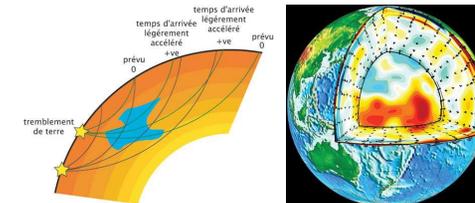
- Reconnaissance de la signature radar/sonar d'une cible
- Reconnaissance du genre du locuteur
- Localisation de défauts
- Sismologie du Soleil
- ...



Locuteur masculin ou féminin ?

5 Quelquefois l'information utile est la dégradations qui nous donnera des informations sur le milieu dans lequel le signal évolue : [\[Cartographie\]](#) ou [\[Analyse\]](#)

- En sonar ou radar, l'analyse des échos permet d'obtenir la cartographie du milieu
- En géophysique, l'analyse des réflexion d'ondes acoustiques permet de déterminer l'épaisseur/nature des strates
- Prospection minière
- Prédiction des tremblement de terre
- ...



Cartographie de la température interne du globe terrestre

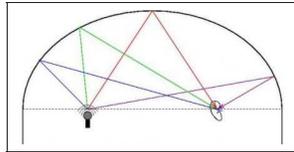
5

INTRODUCTION BUT DU TRAITEMENT DU SIGNAL (4)

5 Cherche à extraire l'information utile du signal afin de la traduire en un langage numérique ([Codage]) le plus concis possible ([Compression]) en le brouillant si nécessaire ([Brouillage]) ou en le tatouant ([Watermarking]) ou le décoder ([Décodage]) et bien sur avant tout l'acquérir ([Acquisition])

6 Cherche à extraire l'information sur la *forme du signal* ou le modèle de dégradation pour pouvoir le [Synthétiser]

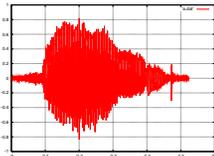
- Synthèse sonore
- Réalisation d'effets spéciaux & sonores
- Synthèse d'instrument
- Image avec bruit synthétique pour tester des algorithmes de restauration/détection
- ...



Chambre d'échos

7 Extraire l'information utile du signal afin de pouvoir le reconnaître ([Reconnaissance]) ou le comprendre ([Compréhension]) et de prendre une [Décision]

- Reconnaissance des formes/signal sonore
- Classification
- ...

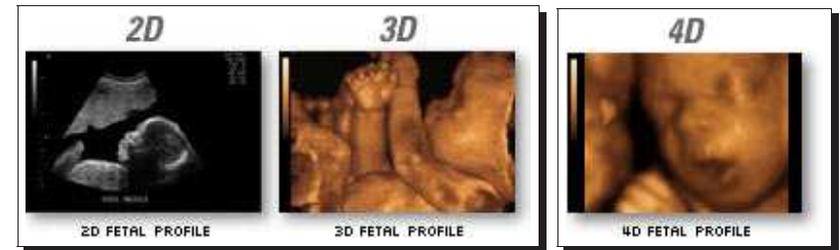


Phonème prononcé ?

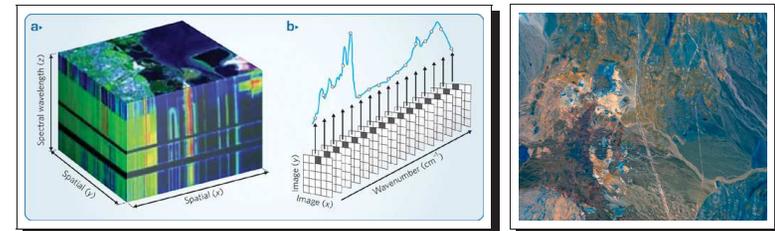
INTRODUCTION BUT DU TRAITEMENT DU SIGNAL (5)

8 Extraire l'information d'un ensemble de signaux prise selon des projections/longueurs d'onde/modalités différentes afin de pouvoir le reconstruire en 3D ([Reconstruction]) ou fusionner [Fusion]) toute cette information

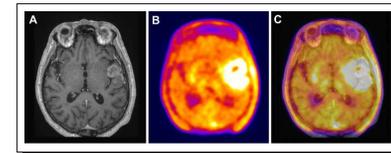
- Reconstruction tomographique
- Imagerie Multispectrale
- Imagerie Multimodalité
- ...



Reconstruction 3D ultrasonore



Visualisation d'image hyperspectrale



Fusion d'imagerie fonctionnelle et anatomique

INTRODUCTION HISTORIQUE DU TRAITEMENT DU SIGNAL



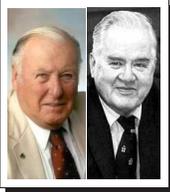
J.-B. Joseph Fourier (1768-1830)

En étudiant la propag. de la chaleur, découvrit les séries de Fourier permettant la décomposition d'une fonction en une somme de (co)sinus. Les coefs de cette série représentant le niveau énergétique de chacune des fréq. élémentaires.



Claude E. Shannon (1916-2001)

C. Shannon (avec Nyquist) a donné son nom à la fréquence à laquelle on doit échantillonner un signal pour en extraire toute son information



J. Cooley (1926-) et J. Tukey (1915-2000)

On leur doit la FFT (Fast Fourier Transform) qui est un algorithme récursif rapide de calcul de la Transformée de Fourier Discrète (TFD) en $\mathcal{O}(n \ln n)$ (comparativement à $\mathcal{O}(n^2)$)

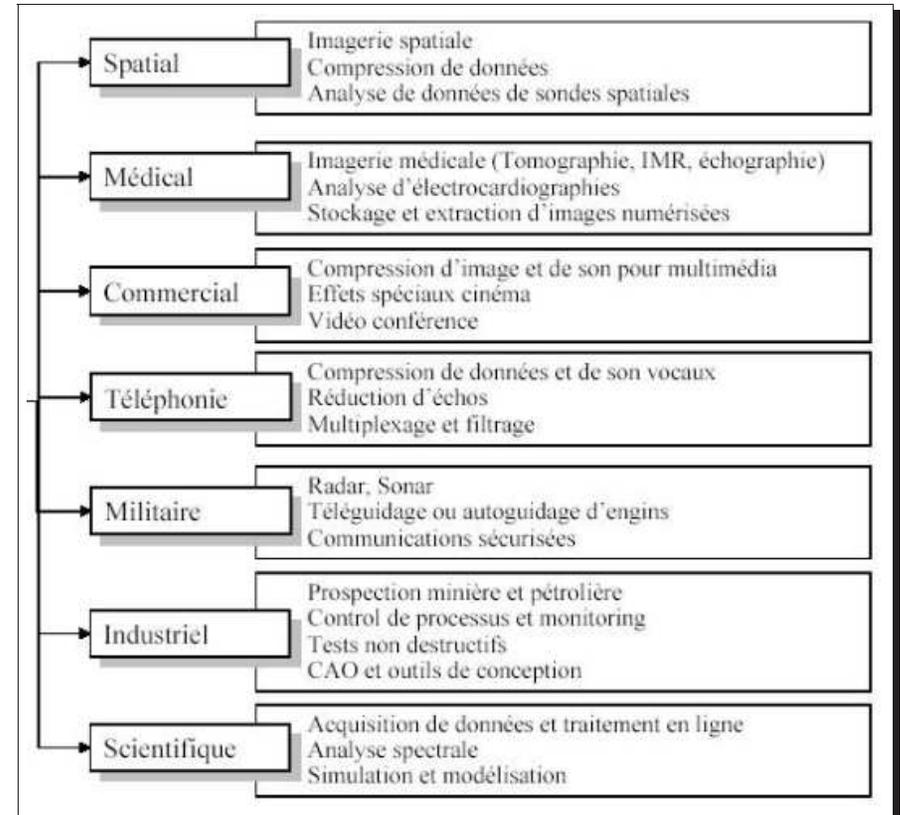
Matériellement, on doit le **traitement du signal** à l'avènement des IC et des μ -processeurs qui ont eux même favorisés l'éclosion de μ -ordinateurs individuel type PC

Parallèlement, est apparu les DSP, des processeurs dédiés aux traitement du son de la parole ou la musique

INTRODUCTION APPLICATION DU TRAITEMENT DU SIGNAL

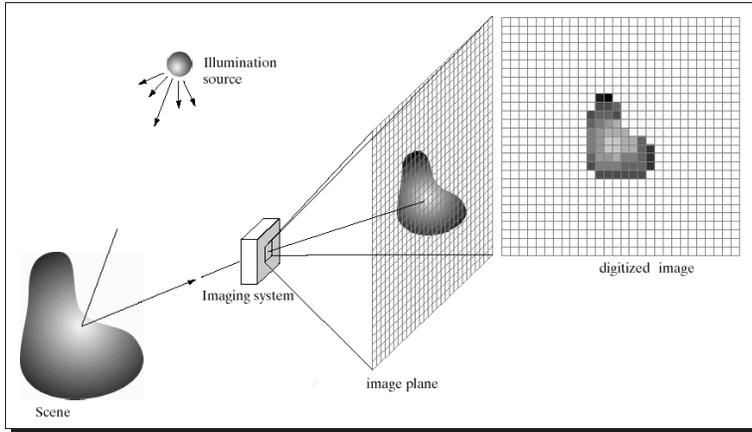
Application du Traitement du Signal

Quelques unes des **indénombrables** applications du TS



INTRODUCTION L'IMAGE OU SIGNAL NUMÉRIQUE (1)

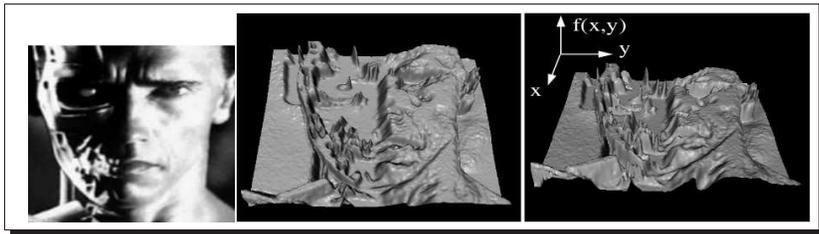
Qu'est ce qu'une image ?



► IMAGE : Projection 2D d'une scène 3D

On définit une image comme une fonction $f(x, y)$ de cette projection dans laquelle chaque $f(x, y)$ représente l'intensité de la lumière en (x, y) ou plus précisément

$$f(x, y) = \text{reflectance}(x, y) \times \text{illumination}(x, y)$$



10

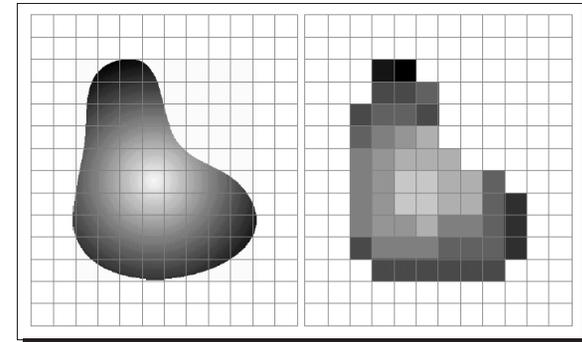
INTRODUCTION L'IMAGE OU SIGNAL NUMÉRIQUE (2)

Image ou Signal Numérique

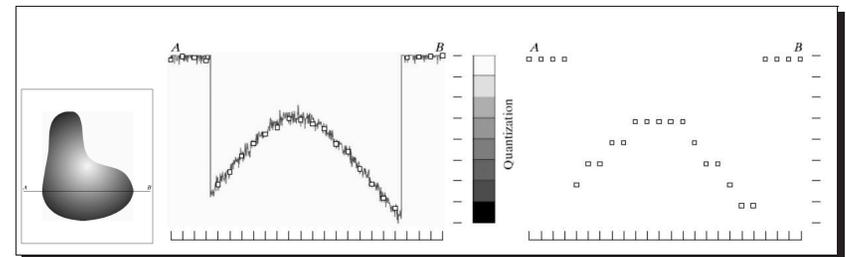
Image ou Signal pour laquelle on a effectué les deux opérations suivantes :

- 1 Échantillonnage
- 2 Quantification

Pour une Image



Pour un Signal 1D

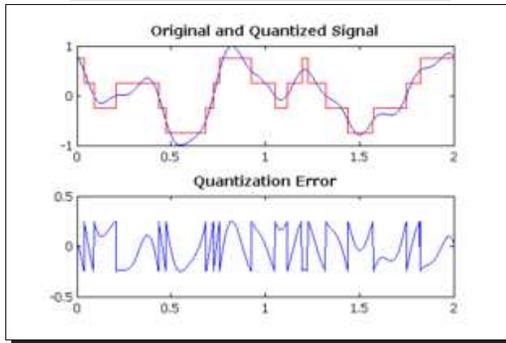


11

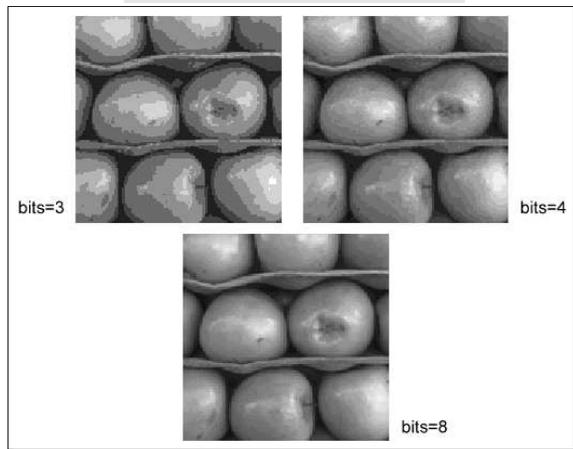
INTRODUCTION ÉCHANTILLONNAGE & QUANTIFICATION (2)

2 Quantification & Bruit de Quantification

Pour un Signal 1D



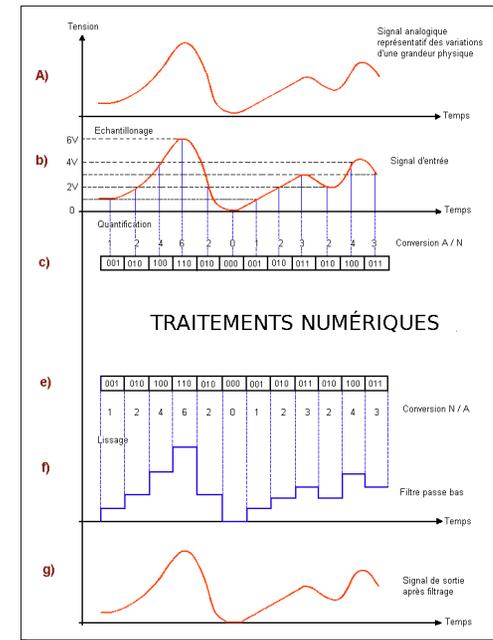
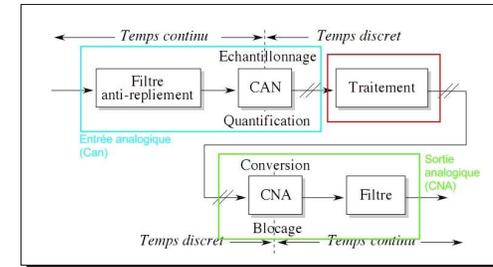
Pour une Image



Une quantification trop faible peut causer
du bruit de quantification

INTRODUCTION ÉCHANTILLONNAGE & QUANTIFICATION (3)

En traitement du signal, l'opérateur qui réalise cette numérisation est le convertisseur analogique-numérique (Convertisseur A/N) associé au filtre anti-repliement

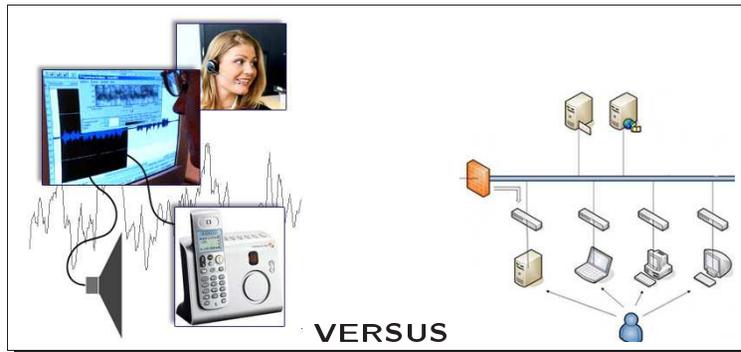


INTRODUCTION

SYSTÈME DE TRAITEMENT DU SIGNAL (1)

Système Temps Réel Versus Temps Différé

Un système de traitement de signal (TS) est temps réel lorsque celui-ci est capable de traiter (numériquement) le signal (approx.) au fur et à mesure de son acquisition



Nota

- ▶ Le prototypage ou la recherche est généralement fait en temps différé
- ▶ Certain système de TS n'ont d'utilité que si ils sont temps-réel
- ▶ Temps réel lorsque le nb. d'échantillons du signal est très grand
- ▶ Techniques et Outils différents en TS
- ▶ On utilise souvent le logiciel pour le traitement différé et le hardware pour le temps réel (DSP)
- ▶ Un syst. embarqué est généralement tps-réel
- ▶ ...

INTRODUCTION

SYSTÈME DE TRAITEMENT DU SIGNAL (2)

Avantage du Traitement Numérique

En comparaison du traitement analogique, le traitement numérique présente un certain nombre d'avantages

- **Nouveaux filtres** -on peut réaliser des traitements qui n'ont pas d'équivalent analogique
- **Reprogrammation** -avec un même matériel on passe facilement d'un filtre à un autre en changeant l'algo.
- **Répétitivité** -versus- une dispersion sur la fréquence des coupures des filtres analogiques
- **Stabilité** -pas de vieillissement des composants et leur réponse ne varie pas avec la température
- **Simplicité** -de nb. applications se réalisent plus facilement en numérique qu'avec les syst. analogiques
- **Adaptation** -le syst. peut lui-même s'adapter en fonction de l'environnement ou du signal d'entrée
- **Mémorisation** -la facilité de mettre un signal en mémoire permet de réaliser des retards (variété de filtres/trait. itératifs par raffinements succ.)

Quelques limites :

- **Erreurs numériques** -erreurs d'échantillonnage insuffisant ou de quantification possibles (possible amplification et propagation de ces erreurs)
- **Plus gourmand** en ressources matérielles et plus lent

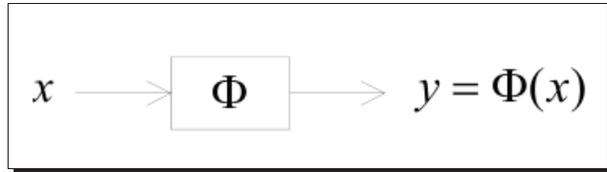
Cependant les progrès de l'électronique numérique diminuent de plus en plus l'impact de ces défauts

INTRODUCTION

SYSTÈME DE TRAITEMENT DU SIGNAL (3)

Systemes

Un système est une *entité* possédant une (ou plusieurs) entrées et éventuellement une (ou plusieurs) sorties



L'étude d'un système consiste à rechercher un modèle mathématique du syst., c-a-d ses relations d'entrée-sortie

Ces relations peuvent être des éq. différentielles ou des éq. aux différences (*système dynamique*), algorithmique (cas de la TFD ou la TZ), économiques, descriptives (de type "si ... alors ..."), etc.

Systemes Linéaires et Invariant dans le Temps

Linéarité : Modèle mathématique régi par le principe de superposition

$$y = \Phi(ax_1 + bx_2) = a\Phi(x_1) + b\Phi(x_2)$$

et l'**Invariance dans le Temps**

$$y(t - \tau) = \Phi\{x(t - \tau)\}$$

Tous les systèmes que l'on va utiliser dans ce cours (exemple : filtrage) ou les outils utilisés (TFD, TZ, etc.) auront cette propriété et celle-ci est à la base du principe du traitement du signal

INTRODUCTION

SYSTÈME DE TRAITEMENT DU SIGNAL (4)

Pourquoi ?

Dans un **système LIT** (Linéaire & Invar. dans le Tps), la réponse à une sinusoïde de fréquence pure $x(t)$ sera une sinusoïde de même fréquence $y(t) = kx(t)$

Mais

D'amplitude et de phase différente caractérisée par la **réponse en fréquence du système**

Si on sait **décomposer** une excitation (ou un signal) en une somme de fonctions simples, il sera possible de **calculer la réponse** correspondante en **additionnant des réponses individuelles** calculables explicitement

Cette **décomposition** (rendu possible grâce à **J. Fourier**) va faciliter l'étude des systèmes répondant au principe de superposition