

Le traitement du signal et le post-bac

PIERRE-ANTOINE COMBY

pierre-antoine.comby@ens-paris-saclay.fr

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

Se présenter, énoncé le plan

Le traitement du signal
et le post-bac

PIERRE-ANTOINE COMBY
pierre-antoine.comby@ens-paris-saclay.fr

Objectif de la séance

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

Objectif de la séance

└ Objectif de la séance

1. Exemple de la “voie royale”/parcours d’excellence. Ne pas négliger les parcours universitaires, plus spécifiques.

Objectif de la séance

- Donner un avant goût des études supérieures en maths/physique.

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└─ Objectif de la séance

1. Exemple de la “voie royale”/parcours d'excellence. Ne pas négliger les parcours universitaires, plus spécifiques.
2. Avec le moins de prérequis possible, pas facile, il va falloir rester bien concentré. Ne pas hésiter à lever la main. Donner votre Prénom

Objectif de la séance

- Donner un avant goût des études supérieures en maths/physique.
- Introduire des notions niveau bac/bac+1 de traitement du signal (utile pour un TPE par ex.)

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└─ Objectif de la séance

1. Exemple de la “voie royale”/parcours d'excellence. Ne pas négliger les parcours universitaires, plus spécifiques.
2. Avec le moins de prérequis possible, pas facile, il va falloir rester bien concentré. Ne pas hésiter à lever la main. Donner votre Prénom
3. Le travail de recherche en bonus

- Donner un avant goût des études supérieures en maths/physique.
- Introduire des notions niveau bac/bac+1 de traitement du signal (utile pour un TPE par ex.)

Objectif de la séance

- Donner un avant goût des études supérieures en maths/physique.
- Introduire des notions niveau bac/bac+1 de traitement du signal (utile pour un TPE par ex.)
- Présenter mon parcours et mon travail actuel.

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└─ Objectif de la séance

1. Exemple de la “voie royale”/parcours d’excellence. Ne pas négliger les parcours universitaires, plus spécifiques.
2. Avec le moins de prérequis possible, pas facile, il va falloir rester bien concentré. Ne pas hésiter à lever la main. Donner votre Prénom
3. Le travail de recherche en bonus

- Donner un avant goût des études supérieures en maths/physique.
- Introduire des notions niveau bac/bac+1 de traitement du signal (utile pour un TPE par ex.)
- Présenter mon parcours et mon travail actuel.

Curriculum Vitae

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Curriculum Vitae

2020-01-23

Curriculum Vitae

2012-2015 : Lycée Charles Péguy, BAC S , ABIBAC.

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Curriculum Vitae

Curriculum Vitae

2012-2015 : Lycée Charles Péguy, BAC S , ABIBAC.

2015-2017 : Classe Prépa (Lycée Saint Louis, Paris)

► PCSI

► PSI*

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Curriculum Vitae

Curriculum Vitae

2012-2015 : Lycée Charles Péguy, BAC S , ABIBAC.

2015-2017 : Classe Prépa (Lycée Saint Louis, Paris)

► PCSI

► PSI*

2017-2021 : Ecole Normale Supérieure Cachan Paris-Saclay

► L3 Sciences de l'ingénieur/Physique

► M1 Electronique, Electrotechnique,
Automatique

► *M2 Stage de recherche à Karlsruhe :*
Tomographie à ultrason, imagerie
médicale

► M2R : Master Traitement du Signal/IA

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Curriculum Vitae

Curriculum Vitae

2012-2015 : Lycée Charles Péguy, BAC S , ABIBAC.

2015-2017 : Classe Prépa (Lycée Saint Louis, Paris)

- ▶ PCSI
- ▶ PSI*

2017-2021 : Ecole Normale Supérieure Cachan Paris-Saclay

- ▶ L3 Sciences de l'ingénieur/Physique
- ▶ M1 Electronique, Electrotechnique, Automatique
- ▶ *M2 Stage de recherche à Karlsruhe : Tomographie à ultrason, imagerie médicale*
- ▶ M2R : Master Traitement du Signal/IA

2021-futur : Probablement une thèse.

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Curriculum Vitae

Un peu de chance, un peu de talent, beaucoup de travail

Le traitement du signal

- C'est quoi ?
- À quoi ça sert ?
- Comment ça marche ?

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Définition et exemples

└ Le traitement du signal

On va regarder Les fondements du TS

Le traitement du signal

- C'est quoi ?
- À quoi ça sert ?
- Comment ça marche ?

Définition

- Un **signal** est une fonction d'une ou plusieurs variables qui véhicule de l'information sur un phénomène physique.

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Définition et exemples

└ Le traitement du signal

On va regarder Les fondements du TS

- C'est quoi ?
- À quoi ça sert ?
- Comment ça marche ?

Définition

- Un **signal** est une fonction d'une ou plusieurs variables qui véhicule de l'information sur un phénomène physique.

Le traitement du signal

- C'est quoi ?
- À quoi ça sert ?
- Comment ça marche ?

Définition

- Un **signal** est une fonction d'une ou plusieurs variables qui véhicule de l'information sur un phénomène physique.
- Un **système** (de traitement du signal) transforme un ou des signaux en d'autres signaux ou paramètres, dans le but d'en extraire de l'information.

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Définition et exemples

└ Le traitement du signal

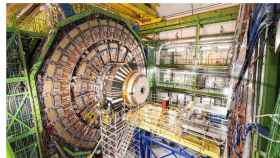
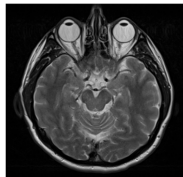
On va regarder Les fondements du TS

- C'est quoi ?
- À quoi ça sert ?
- Comment ça marche ?

Définition

- Un **signal** est une fonction d'une ou plusieurs variables qui véhicule de l'information sur un phénomène physique.
- Un **système** (de traitement du signal) transforme un ou des signaux en d'autres signaux ou paramètres, dans le but d'en extraire de l'information.

Des exemples



2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Définition et exemples

└ Des exemples

1. Smart City : 5G, transmission, compression, analyse,
2. IRM de cerveau -> imagerie médicale : filtrage, segmentation, reconstruction/synthèse. . .
3. Vision Artificielle : segmentation, reconnaissance, fiabilité
4. LHC : les tres grands instruments pour voir le tout petit
5. Voiture Autonome : protocoles de transmission, sécurité
6. SpaceX -> aérospatial : communiquer sur des milliers de km.

Des exemples



Différent type de TS

Mesure :

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Définition et exemples

└ Différent type de TS

1. grandeurs statistiques

Différent type de TS

Mesure : Estimation de grandeurs caractéristiques

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Définition et exemples

└ Différent type de TS

1. grandeurs statistiques

Différent type de TS

Mesure : Estimation de grandeurs caractéristiques

Détection :

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Définition et exemples

└ Différent type de TS

1. grandeurs statistiques
2. temps d'arrivée d'un signal

Différent type de TS

Mesure : Estimation de grandeurs caractéristiques

Détection : Extraction d'un signal utile du bruit

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Définition et exemples

└ Différent type de TS

1. grandeurs statistiques
2. temps d'arrivée d'un signal

Différent type de TS

Mesure : Estimation de grandeurs caractéristiques

Détection : Extraction d'un signal utile du bruit

Filtrage :

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Définition et exemples

└ Différent type de TS

1. grandeurs statistiques
2. temps d'arrivée d'un signal
3. Oreilles, séparer basse et aigus, retirer le bruit, Instagram

Différent type de TS

Mesure : Estimation de grandeurs caractéristiques

Détection : Extraction d'un signal utile du bruit

Filtrage : Élimination de composante indésirable

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Définition et exemples

└ Différent type de TS

1. grandeurs statistiques
2. temps d'arrivée d'un signal
3. Oreilles, séparer basse et aigus, retirer le bruit, Instagram

Différent type de TS

Mesure : Estimation de grandeurs caractéristiques

Détection : Extraction d'un signal utile du bruit

Filtrage : Élimination de composante indésirable

Codage :

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Définition et exemples

└ Différent type de TS

1. grandeurs statistiques
2. temps d'arrivée d'un signal
3. Oreilles, séparer basse et aigus, retirer le bruit, Instagram
4. Toutes les communications numériques

Différent type de TS

Mesure : Estimation de grandeurs caractéristiques

Détection : Extraction d'un signal utile du bruit

Filtrage : Élimination de composante indésirable

Codage : Mise en forme pour transmission

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Définition et exemples

└ Différent type de TS

1. grandeurs statistiques
2. temps d'arrivée d'un signal
3. Oreilles, séparer basse et aigus, retirer le bruit, Instagram
4. Toutes les communications numériques

Différent type de TS

Mesure : Estimation de grandeurs caractéristiques

Détection : Extraction d'un signal utile du bruit

Filtrage : Élimination de composante indésirable

Codage : Mise en forme pour transmission

Compression :

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Définition et exemples

└ Différent type de TS

1. grandeurs statistiques
2. temps d'arrivée d'un signal
3. Oreilles, séparer basse et aigus, retirer le bruit, Instagram
4. Toutes les communications numériques
5. Netflix, JPEG(3 à 100 fois plus petit), MP3, faire une fiche de cours

Différent type de TS

Mesure : Estimation de grandeurs caractéristiques

Détection : Extraction d'un signal utile du bruit

Filtrage : Élimination de composante indésirable

Codage : Mise en forme pour transmission

Compression : Réduction de la redondance d'information.

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Définition et exemples

└ Différent type de TS

1. grandeurs statistiques
2. temps d'arrivée d'un signal
3. Oreilles, séparer basse et aigus, retirer le bruit, Instagram
4. Toutes les communications numériques
5. Netflix, JPEG(3 à 100 fois plus petit), MP3, faire une fiche de cours

Différent type de TS

Mesure : Estimation de grandeurs caractéristiques

Détection : Extraction d'un signal utile du bruit

Filtrage : Élimination de composante indésirable

Codage : Mise en forme pour transmission

Compression : Réduction de la redondance d'information.

Modulation :

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Définition et exemples

└ Différent type de TS

1. grandeurs statistiques
2. temps d'arrivée d'un signal
3. Oreilles, séparer basse et aigus, retirer le bruit, Instagram
4. Toutes les communications numériques
5. Netflix, JPEG(3 à 100 fois plus petit), MP3, faire une fiche de cours
6. radio AM (WW2), FM

Différent type de TS

Mesure : Estimation de grandeurs caractéristiques

Détection : Extraction d'un signal utile du bruit

Filtrage : Élimination de composante indésirable

Codage : Mise en forme pour transmission

Compression : Réduction de la redondance d'information.

Modulation : Adaptation d'un signal aux caractéristiques
d'une voie de transmission

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Définition et exemples

└ Différent type de TS

1. grandeurs statistiques
2. temps d'arrivée d'un signal
3. Oreilles, séparer basse et aigus, retirer le bruit, Instagram
4. Toutes les communications numériques
5. Netflix, JPEG(3 à 100 fois plus petit), MP3, faire une fiche de cours
6. radio AM (WW2), FM

Différent type de TS

Mesure : Estimation de grandeurs caractéristiques

Détection : Extraction d'un signal utile du bruit

Filtrage : Élimination de composante indésirable

Codage : Mise en forme pour transmission

Compression : Réduction de la redondance d'information.

Modulation : Adaptation d'un signal aux caractéristiques
d'une voie de transmission

Segmentation :

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Définition et exemples

└ Différent type de TS

1. grandeurs statistiques
2. temps d'arrivée d'un signal
3. Oreilles, séparer basse et aigus, retirer le bruit, Instagram
4. Toutes les communications numériques
5. Netflix, JPEG(3 à 100 fois plus petit), MP3, faire une fiche de cours
6. radio AM (WW2), FM
7. Imagerie médicale, satellite, météo

Différent type de TS

Mesure : Estimation de grandeurs caractéristiques

Détection : Extraction d'un signal utile du bruit

Filtrage : Élimination de composante indésirable

Codage : Mise en forme pour transmission

Compression : Réduction de la redondance d'information.

Modulation : Adaptation d'un signal aux caractéristiques
d'une voie de transmission

Segmentation : Découpage en parties homogènes

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Définition et exemples

└ Différent type de TS

1. grandeurs statistiques
2. temps d'arrivée d'un signal
3. Oreilles, séparer basse et aigus, retirer le bruit, Instagram
4. Toutes les communications numériques
5. Netflix, JPEG(3 à 100 fois plus petit), MP3, faire une fiche de cours
6. radio AM (WW2), FM
7. Imagerie médicale, satellite, météo

Différent type de TS

Mesure : Estimation de grandeurs caractéristiques

Détection : Extraction d'un signal utile du bruit

Filtrage : Élimination de composante indésirable

Codage : Mise en forme pour transmission

Compression : Réduction de la redondance d'information.

Modulation : Adaptation d'un signal aux caractéristiques
d'une voie de transmission

Segmentation : Découpage en parties homogènes

Reconnaissance :

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Définition et exemples

└ Différent type de TS

1. grandeurs statistiques
2. temps d'arrivée d'un signal
3. Oreilles, séparer basse et aigus, retirer le bruit, Instagram
4. Toutes les communications numériques
5. Netflix, JPEG(3 à 100 fois plus petit), MP3, faire une fiche de cours
6. radio AM (WW2), FM
7. Imagerie médicale, satellite, météo
8. Filtre Snapchat

Différent type de TS

Mesure : Estimation de grandeurs caractéristiques

Détection : Extraction d'un signal utile du bruit

Filtrage : Élimination de composante indésirable

Codage : Mise en forme pour transmission

Compression : Réduction de la redondance d'information.

Modulation : Adaptation d'un signal aux caractéristiques d'une voie de transmission

Segmentation : Découpage en parties homogènes

Reconnaissance : Identification de formes appartenant à un dictionnaire.

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Définition et exemples

└ Différent type de TS

1. grandeurs statistiques
2. temps d'arrivée d'un signal
3. Oreilles, séparer basse et aigus, retirer le bruit, Instagram
4. Toutes les communications numériques
5. Netflix, JPEG(3 à 100 fois plus petit), MP3, faire une fiche de cours
6. radio AM (WW2), FM
7. Imagerie médicale, satellite, météo
8. Filtre Snapchat

Différent type de TS

Mesure : Estimation de grandeurs caractéristiques

Détection : Extraction d'un signal utile du bruit

Filtrage : Élimination de composante indésirable

Codage : Mise en forme pour transmission

Compression : Réduction de la redondance d'information.

Modulation : Adaptation d'un signal aux caractéristiques d'une voie de transmission

Segmentation : Découpage en parties homogènes

Reconnaissance : Identification de formes appartenant à un dictionnaire.

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Définition et exemples

└ Différent type de TS

1. grandeurs statistiques
2. temps d'arrivée d'un signal
3. Oreilles, séparer basse et aigus, retirer le bruit, Instagram
4. Toutes les communications numériques
5. Netflix, JPEG(3 à 100 fois plus petit), MP3, faire une fiche de cours
6. radio AM (WW2), FM
7. Imagerie médicale, satellite, météo
8. Filtre Snapchat

Différent type de signaux

De l'ordre, il faut de l'ordre :

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Définition et exemples

└ Différent type de signaux

Différent type de signaux

De l'ordre, il faut de l'ordre :

- Nombre de variable (1-D (son), 2-D (image), N-D, . . .)

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Définition et exemples

└ Différent type de signaux

Différent type de signaux

De l'ordre, il faut de l'ordre :

- ▶ Nombre de variable (1-D (son), 2-D (image), N-D, . . .)
- ▶ réel/complexe

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Définition et exemples

└ Différent type de signaux

- ▶ Nombre de variable (1-D (son), 2-D (image), N-D, . . .)
- ▶ réel/complexe

Différent type de signaux

De l'ordre, il faut de l'ordre :

- ▶ Nombre de variable (1-D (son), 2-D (image), N-D, . . .)
- ▶ réel/complexe
- ▶ périodiques (ex : cos, sin)

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Définition et exemples

└ Différent type de signaux

- ▶ Nombre de variable (1-D (son), 2-D (image), N-D, . . .)
- ▶ réel/complexe
- ▶ périodiques (ex : cos, sin)

Différent type de signaux

De l'ordre, il faut de l'ordre :

- ▶ Nombre de variable (1-D (son), 2-D (image), N-D, . . .)
- ▶ réel/ complexe
- ▶ périodiques (ex : cos, sin)
- ▶ Déterministe/aléatoire
 - ▶ déterministe : évolution complètement prédictible
 - ▶ aléatoire : non prédictible, non reproductible.

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Définition et exemples

└ Différent type de signaux

Différent type de signaux

De l'ordre, il faut de l'ordre :

- ▶ Nombre de variable (1-D (son), 2-D (image), N-D, . . .)
- ▶ réel/ complexe
- ▶ périodiques (ex : cos, sin)
- ▶ Déterministe/aléatoire
 - ▶ déterministe : évolution complètement prédictible
 - ▶ aléatoire : non prédictible, non reproductible.

Différent type de signaux

De l'ordre, il faut de l'ordre :

- ▶ Nombre de variable (1-D (son), 2-D (image), N-D, . . .)
- ▶ réel/ complexe
- ▶ périodiques (ex : cos, sin)
- ▶ Déterministe/aléatoire
 - ▶ déterministe : évolution complètement prédictible
 - ▶ aléatoire : non prédictible, non reproductible.
- ▶ Continus / Discret
 - ▶ Analogique/Numérique

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Définition et exemples

└ Différent type de signaux

De l'ordre, il faut de l'ordre :

- ▶ Nombre de variable (1-D (son), 2-D (image), N-D, . . .)
- ▶ réel/ complexe
- ▶ périodiques (ex : cos, sin)
- ▶ Déterministe/aléatoire
 - ▶ déterministe : évolution complètement prédictible
 - ▶ aléatoire : non prédictible, non reproductible.
- ▶ Continus / Discret
 - ▶ Analogique/Numérique

On étudie ici seulement des signaux réel, périodique, on va étudier/rappeler

- la dualité fréquentielle de tout signal
- les bases de la conversion analogique numérique (tous les instruments de mesure physiques)

Analyse Spectrale

Expérience

- ▶ 3 sons à la même fréquence, mais différentes formes d'onde.

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Dualité Fréquentielle

└ Analyse Spectrale

La3 : 440 Hz, apporter ordi/téléphone + Enceinte

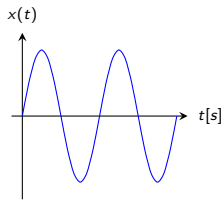
- Sinus
- triangle
- Créneau /carré

Les autres sons proviennent d'autres fréquences,

Analyse Spectrale

Expérience

- 3 sons à la même fréquence, mais différentes formes d'onde.



2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Dualité Fréquentielle

└ Analyse Spectrale

La3 : 440 Hz, apporter ordi/téléphone + Enceinte

- Sinus
- triangle
- Créneau /carré

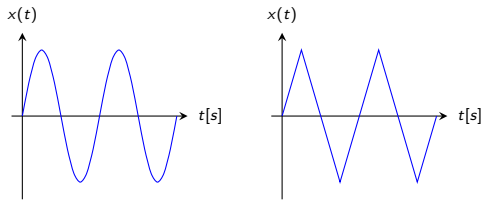
Les autres sons proviennent d'autres fréquences,



Analyse Spectrale

Expérience

- 3 sons à la même fréquence, mais différentes formes d'onde.



2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

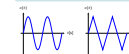
└ Dualité Fréquentielle

└ Analyse Spectrale

La3 : 440 Hz, apporter ordi/téléphone + Enceinte

- Sinus
- triangle
- Créneau /carré

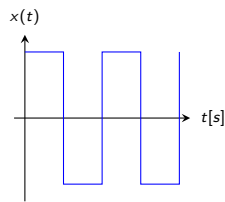
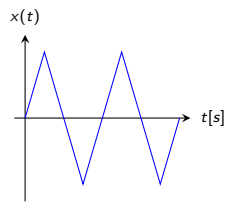
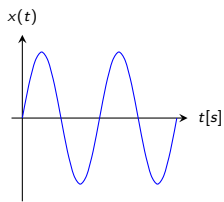
Les autres sons proviennent d'autres fréquences,



Analyse Spectrale

Expérience

- 3 sons à la même fréquence, mais différentes formes d'onde.



2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Dualité Fréquentielle

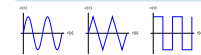
└ Analyse Spectrale

La3 : 440 Hz, apporter ordi/téléphone + Enceinte

- Sinus
- triangle
- Créneau /carré

Les autres sons proviennent d'autres fréquences,

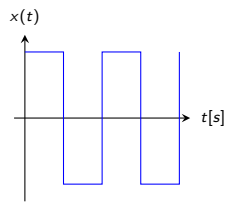
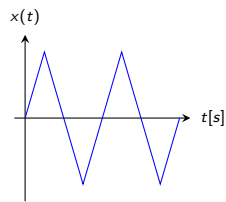
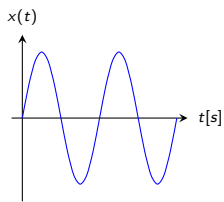
Expérience
► 3 sons à la même fréquence, mais différentes formes d'onde.



Analyse Spectrale

Expérience

- 3 sons à la même fréquence, mais différentes formes d'onde.



2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Dualité Fréquentielle

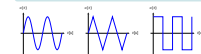
└ Analyse Spectrale

La3 : 440 Hz, apporter ordi/téléphone + Enceinte

- Sinus
- triangle
- Créneau /carré

Les autres sons proviennent d'autres fréquences,

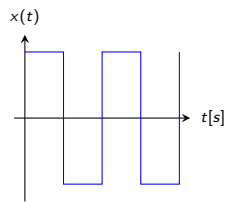
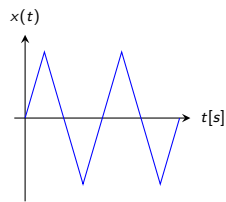
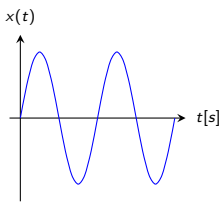
Expérience
► 3 sons à la même fréquence, mais différentes formes d'onde.



Analyse Spectrale

Expérience

- ▶ 3 sons à la même fréquence, mais différentes formes d'onde.
- ▶ On entend d'autres fréquences, sans les voir :



2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Dualité Fréquentielle

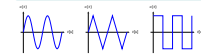
└ Analyse Spectrale

Analyse Spectrale

Expérience

▶ 3 sons à la même fréquence, mais différentes formes d'onde.

▶ On entend d'autres fréquences, sans les voir :



La3 : 440 Hz, apporter ordi/téléphone + Enceinte

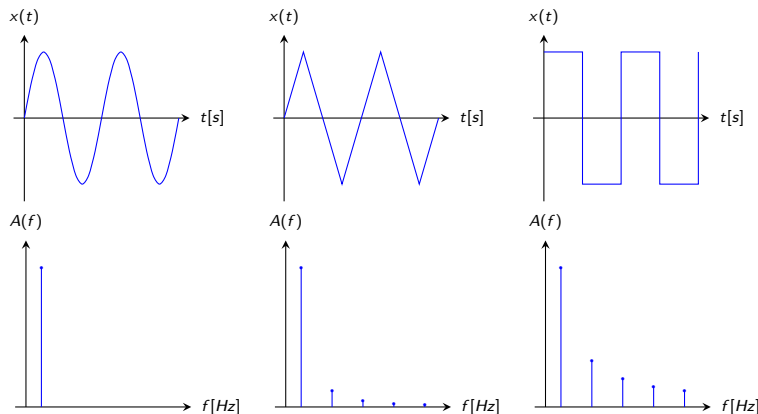
- Sinus
- triangle
- Créneau /carré

Les autres sons proviennent d'autres fréquences,

Analyse Spectrale

Expérience

- ▶ 3 sons à la même fréquence, mais différentes formes d'onde.
- ▶ On entend d'autres fréquences, sans les voir : *un spectre*



2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

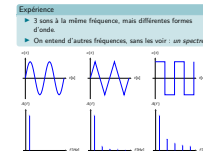
Dualité Fréquentielle

Analyse Spectrale

La3 : 440 Hz, apporter ordi/téléphone + Enceinte

- Sinus
- triangle
- Créneau /carré

Les autres sons proviennent d'autres fréquences,



Décomposition de Fourier

Les maths

Théorème (Lycée)

Toute fonction périodique peut s'écrire comme une somme pondérée de fonction sinusoïdale

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Dualité Fréquentielle

└ Décomposition de Fourier

Théorème (Lycée)

Toute fonction périodique peut s'écrire comme une somme pondérée de fonction sinusoïdale

Joseph Fourier, 1806, préfet de l'Isère. Travail sur l'équation de la chaleur (anneau en métal chauffé)

$$1. a_n = \int_{-T/2}^{T/2} x(t) \cos(2\pi nft) dt$$

$$2. X(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) e^{-2\pi ift} dt$$

Décomposition de Fourier

Les maths

Théorème (Lycée)

Toute fonction périodique peut s'écrire comme une somme pondérée de fonction sinusoïdale

$$x_{per}(t) = \sum_{n=0}^{+\infty} a_n \cos(2\pi n f_0 t) + b_n \sin(2\pi n f_0 t)$$

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Dualité Fréquentielle

└ Décomposition de Fourier

Théorème (Lycée)

Toute fonction périodique peut s'écrire comme une somme pondérée de fonction sinusoïdale

$$x_{per}(t) = \sum_{n=0}^{+\infty} a_n \cos(2\pi n f_0 t) + b_n \sin(2\pi n f_0 t)$$

Joseph Fourier, 1806, préfet de l'Isère. Travail sur l'équation de la chaleur (anneau en métal chauffé)

$$1. a_n = \int_{-T/2}^{T/2} x(t) \cos(2\pi n f_0 t) dt$$

$$2. X(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) e^{-2\pi i f t} dt$$

Décomposition de Fourier

Les maths

Théorème (Lycée)

Toute fonction périodique peut s'écrire comme une somme pondérée de fonction sinusoïdale

$$x_{per}(t) = \sum_{n=0}^{+\infty} a_n \cos(2\pi n f_0 t) + b_n \sin(2\pi n f_0 t)$$

- (a_n) et (b_n) sont des suites, appelées coefficients de Fourier.

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Dualité Fréquentielle

└ Décomposition de Fourier

Décomposition de Fourier

Les maths

Théorème (Lycée)

Toute fonction périodique peut s'écrire comme une somme pondérée de fonction sinusoïdale

$$x_{per}(t) = \sum_{n=0}^{+\infty} a_n \cos(2\pi n f_0 t) + b_n \sin(2\pi n f_0 t)$$

► (a_n) et (b_n) sont des suites, appelées coefficients de Fourier.

Joseph Fourier, 1806, préfet de l'Isère. Travail sur l'équation de la chaleur (anneau en métal chauffé)

$$1. a_n = \int_{-T/2}^{T/2} x(t) \cos(2\pi n f_0 t) dt$$

$$2. X(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) e^{-2\pi i f t} dt$$

Décomposition de Fourier

Les maths

Théorème (Lycée)

Toute fonction périodique peut s'écrire comme une somme pondérée de fonction sinusoïdale

$$x_{per}(t) = \sum_{n=0}^{+\infty} a_n \cos(2\pi n f_0 t) + b_n \sin(2\pi n f_0 t)$$

- (a_n) et (b_n) sont des suites, appelées coefficients de Fourier.
- Les coefficients s'obtiennent par produit scalaire de fonctions.

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Dualité Fréquentielle

└ Décomposition de Fourier

Décomposition de Fourier
Les maths

Théorème (Lycée)

Toute fonction périodique peut s'écrire comme une somme pondérée de fonction sinusoïdale

$$x_{per}(t) = \sum_{n=0}^{+\infty} a_n \cos(2\pi n f_0 t) + b_n \sin(2\pi n f_0 t)$$

- (a_n) et (b_n) sont des suites, appelées coefficients de Fourier.
- Les coefficients s'obtiennent par produit scalaire de fonctions.

Joseph Fourier, 1806, préfet de l'Isère. Travail sur l'équation de la chaleur (anneau en métal chauffé)

$$1. a_n = \int_{-T/2}^{T/2} x(t) \cos(2\pi n f t) dt$$

$$2. X(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) e^{-2\pi i f t} dt$$

Décomposition de Fourier

Les maths

Théorème (Lycée)

Toute fonction périodique peut s'écrire comme une somme pondérée de fonction sinusoïdale

$$x_{per}(t) = \sum_{n=0}^{+\infty} a_n \cos(2\pi n f_0 t) + b_n \sin(2\pi n f_0 t)$$

- ▶ (a_n) et (b_n) sont des suites, appelées coefficients de Fourier.
- ▶ Les coefficients s'obtiennent par produit scalaire de fonctions.
- ▶ Théorème généralisable à toutes fonctions à énergie finie (\sim toutes les fonctions en physique).

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Dualité Fréquentielle

└ Décomposition de Fourier

Théorème (Lycée)

Toute fonction périodique peut s'écrire comme une somme pondérée de fonction sinusoïdale

$$x_{per}(t) = \sum_{n=0}^{+\infty} a_n \cos(2\pi n f_0 t) + b_n \sin(2\pi n f_0 t)$$

- ▶ (a_n) et (b_n) sont des suites, appelées coefficients de Fourier.
- ▶ Les coefficients s'obtiennent par produit scalaire de fonctions.
- ▶ Théorème généralisable à toutes fonctions à énergie finie (\sim toutes les fonctions en physique).

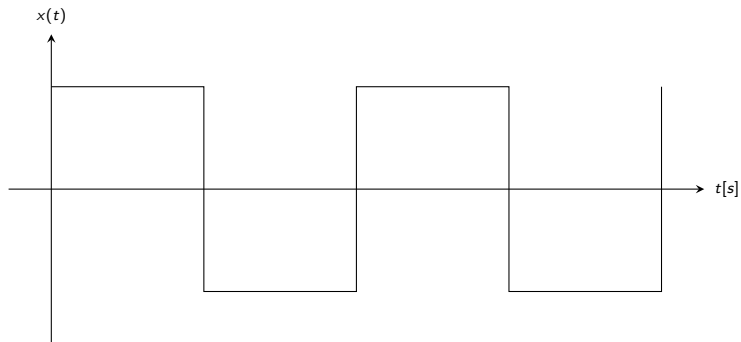
Joseph Fourier, 1806, préfet de l'Isère. Travail sur l'équation de la chaleur (anneau en métal chauffé)

$$1. a_n = \int_{-T/2}^{T/2} x(t) \cos(2\pi n f_0 t) dt$$

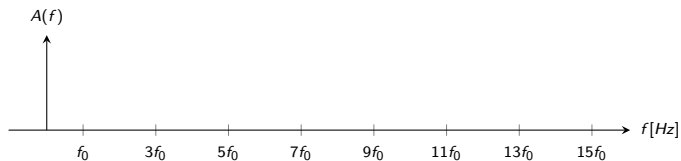
$$2. X(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) e^{-2\pi i f t} dt$$

Décomposition de Fourier

Exemple : le créneau



$$\hat{x}(t) =$$



2020-01-23

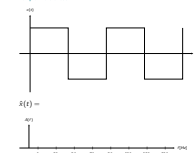
Le traitement du signal et le post-bac

└ Dualité Fréquentielle

└ Décomposition de Fourier

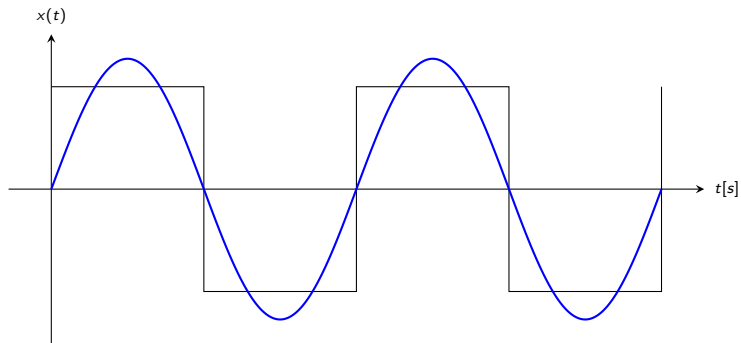
Décomposition de Fourier

Exemple : le créneau

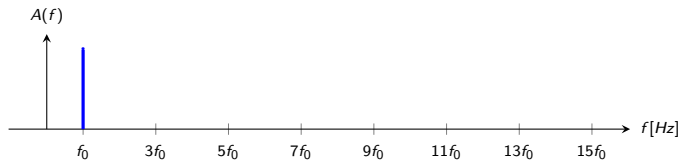


Décomposition de Fourier

Exemple : le créneau



$$\hat{x}(t) = \frac{4A}{\pi} \times [\sin(2\pi f_0 t) \quad]$$



2020-01-23

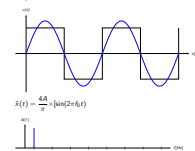
Le traitement du signal et le post-bac

└ Dualité Fréquentielle

└ Décomposition de Fourier

Décomposition de Fourier

Exemple : le créneau

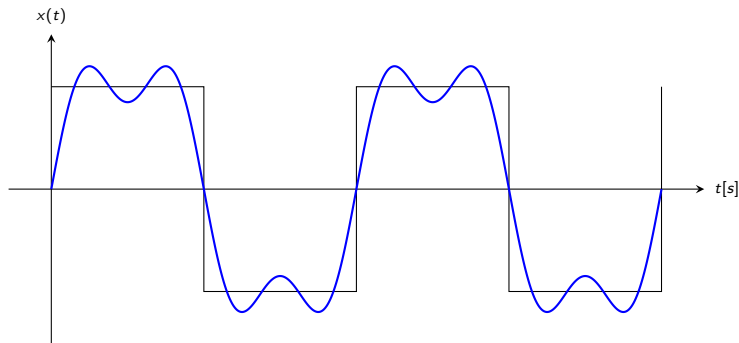


$$\hat{x}(t) = \frac{4A}{\pi} \times [\sin(2\pi f_0 t)$$

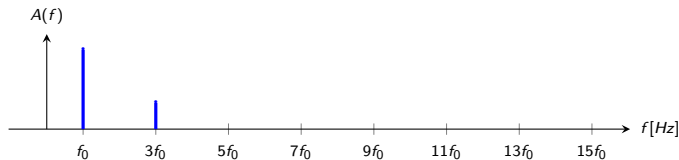


Décomposition de Fourier

Exemple : le créneau



$$\hat{x}(t) = \frac{4A}{\pi} \times \left[\sin(2\pi f_0 t) + \frac{1}{3} \sin(2\pi 3f_0 t) \right]$$



2020-01-23

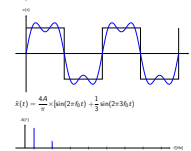
Le traitement du signal et le post-bac

└ Dualité Fréquentielle

└ Décomposition de Fourier

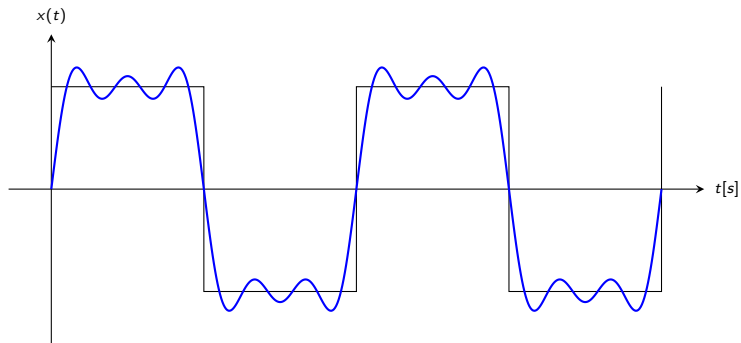
Décomposition de Fourier

Exemple : le créneau

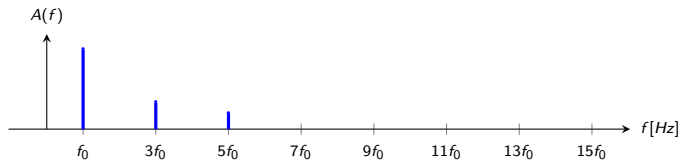


Décomposition de Fourier

Exemple : le créneau



$$\hat{x}(t) = \frac{4A}{\pi} \times \left[\sin(2\pi f_0 t) + \frac{1}{3} \sin(2\pi 3f_0 t) + \frac{1}{5} \sin(2\pi 5f_0 t) \right]$$



2020-01-23

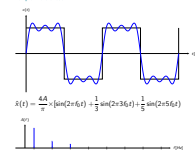
Le traitement du signal et le post-bac

└ Dualité Fréquentielle

└ Décomposition de Fourier

Décomposition de Fourier

Exemple : le créneau

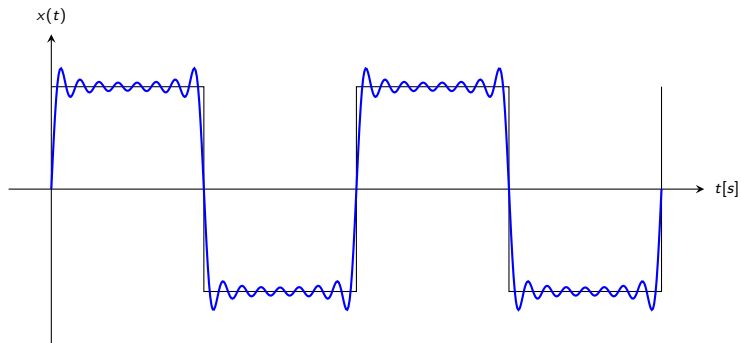


$$\hat{x}(t) = \frac{4A}{\pi} \times \left[\sin(2\pi f_0 t) + \frac{1}{3} \sin(2\pi 3f_0 t) + \frac{1}{5} \sin(2\pi 5f_0 t) \right]$$

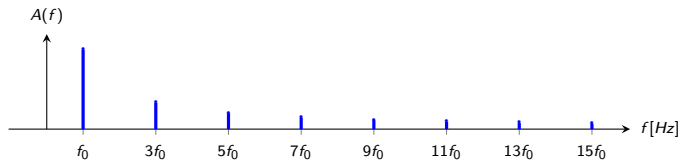


Décomposition de Fourier

Exemple : le créneau



$$\hat{x}(t) = \frac{4A}{\pi} \times \left[\sin(2\pi f_0 t) + \frac{1}{3} \sin(2\pi 3f_0 t) + \frac{1}{5} \sin(2\pi 5f_0 t) + \dots \right]$$

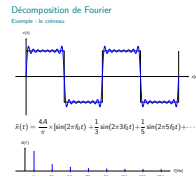


2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

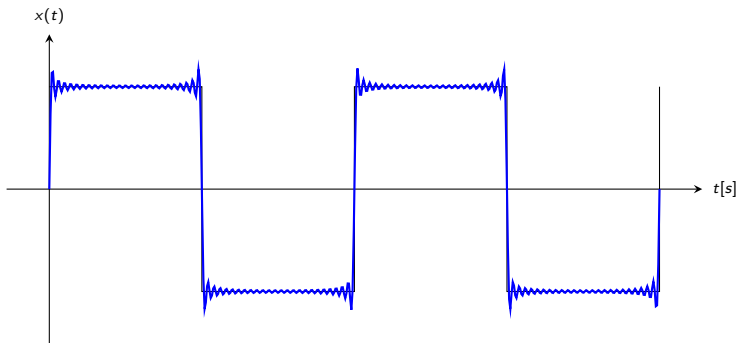
Dualité Fréquentielle

Décomposition de Fourier

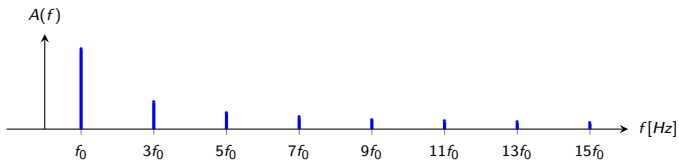


Décomposition de Fourier

Exemple : le créneau



$$\hat{x}(t) = \frac{4A}{\pi} \times \left[\sin(2\pi f_0 t) + \frac{1}{3} \sin(2\pi 3f_0 t) + \frac{1}{5} \sin(2\pi 5f_0 t) + \dots \right]$$

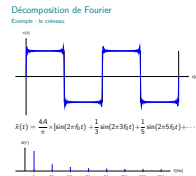


2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Dualité Fréquentielle

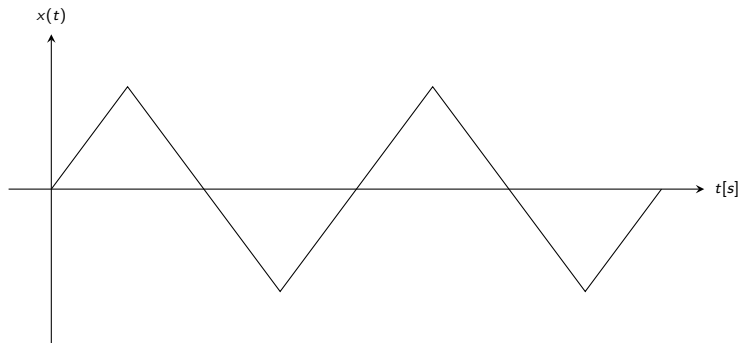
└ Décomposition de Fourier



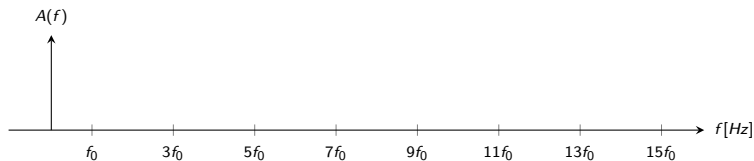
phénomène de Gibbs, du a la discontinuité de la fonction créneau

Décomposition de Fourier

Exemple : triangle



$\hat{x}(t) =$

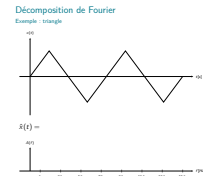


2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

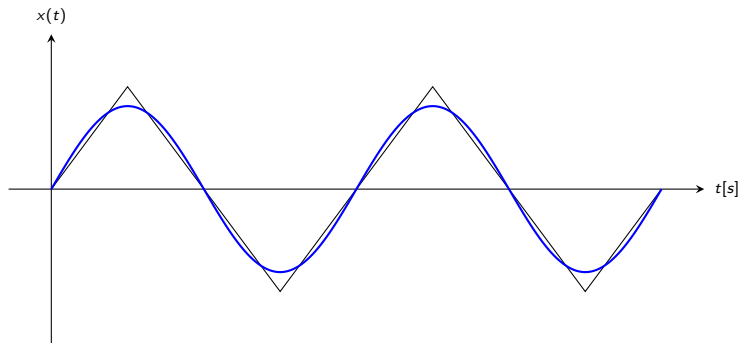
└ Dualité Fréquentielle

└ Décomposition de Fourier

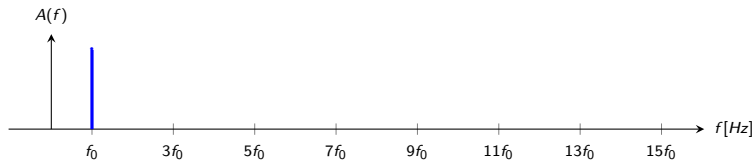


Décomposition de Fourier

Exemple : triangle



$$\hat{x}(t) = \frac{8A}{\pi^2} \times [\sin(2\pi f_0 t) \quad]$$

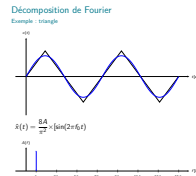


2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

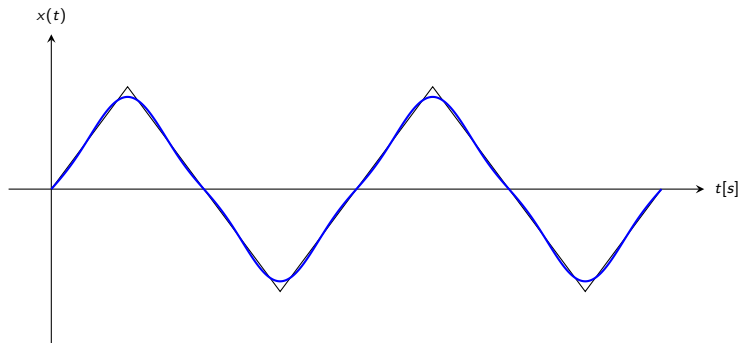
└ Dualité Fréquentielle

└ Décomposition de Fourier

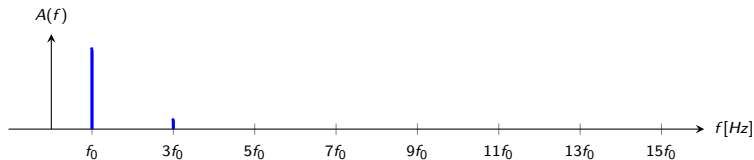


Décomposition de Fourier

Exemple : triangle



$$\hat{x}(t) = \frac{8A}{\pi^2} \times \left[\sin(2\pi f_0 t) - \frac{1}{9} \sin(2\pi 3f_0 t) \right]$$

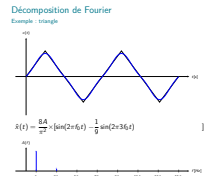


2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

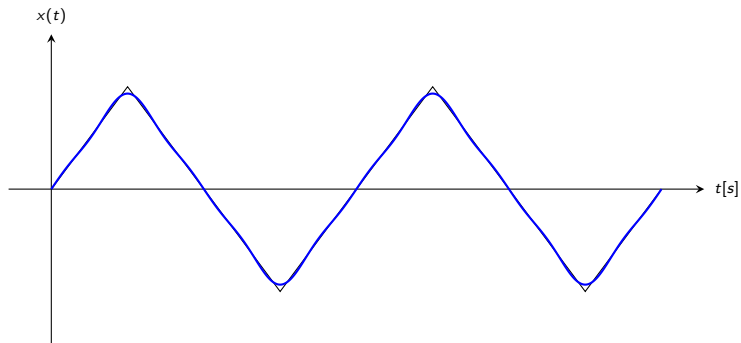
└ Dualité Fréquentielle

└ Décomposition de Fourier

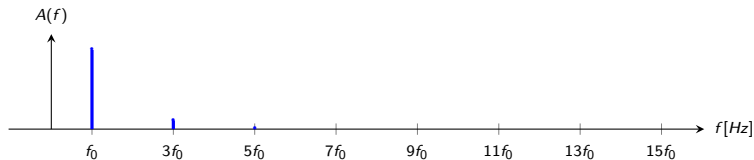


Décomposition de Fourier

Exemple : triangle



$$\hat{x}(t) = \frac{8A}{\pi^2} \times \left[\sin(2\pi f_0 t) - \frac{1}{9} \sin(2\pi 3f_0 t) + \frac{1}{25} \sin(2\pi 5f_0 t) \right]$$

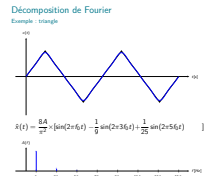


2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

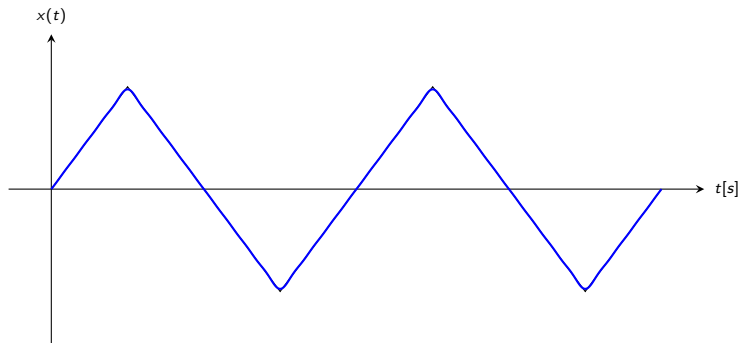
└ Dualité Fréquentielle

└ Décomposition de Fourier

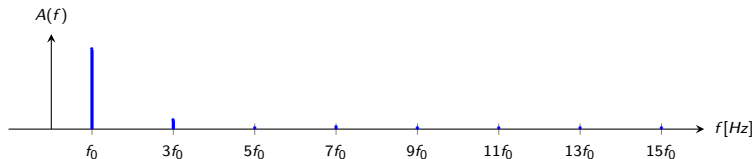


Décomposition de Fourier

Exemple : triangle



$$\hat{x}(t) = \frac{8A}{\pi^2} \times \left[\sin(2\pi f_0 t) - \frac{1}{9} \sin(2\pi 3f_0 t) + \frac{1}{25} \sin(2\pi 5f_0 t) + \dots \right]$$

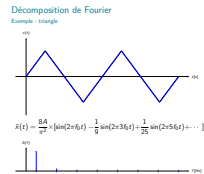


2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

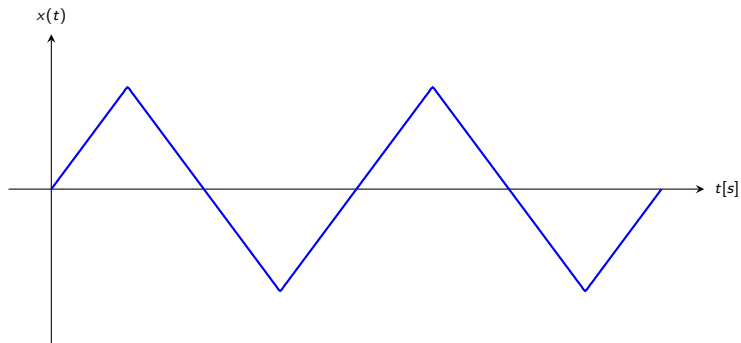
└ Dualité Fréquentielle

└ Décomposition de Fourier

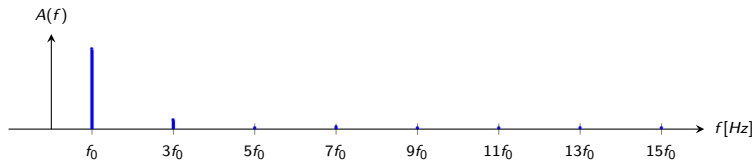


Décomposition de Fourier

Exemple : triangle



$$\hat{x}(t) = \frac{8A}{\pi^2} \times \left[\sin(2\pi f_0 t) - \frac{1}{9} \sin(2\pi 3f_0 t) + \frac{1}{25} \sin(2\pi 5f_0 t) + \dots \right]$$

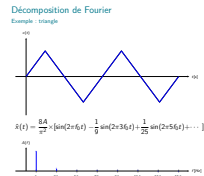


2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Dualité Fréquentielle

└ Décomposition de Fourier



Dualité temps-fréquence

À retenir

- ▶ Tout signal “physique” possède un unique signal équivalent dans le domaine fréquentiel.

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Dualité Fréquentielle

└ Dualité temps-fréquence

1. la ou il y a du signal, il y a une TF

À retenir

- ▶ Tout signal “physique” possède un unique signal équivalent dans le domaine fréquentiel.

Dualité temps-fréquence

À retenir

- ▶ Tout signal “physique” possède un unique signal équivalent dans le domaine fréquentiel.
- ▶ L’opération pour passer de l’un à l’autre est appelée la transformée de Fourier $X(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t)e^{-2\pi ift} dt$

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Dualité Fréquentielle

└ Dualité temps-fréquence

1. la ou il y a du signal, il y a une TF

À retenir

- ▶ Tout signal “physique” possède un unique signal équivalent dans le domaine fréquentiel.
- ▶ L’opération pour passer de l’un à l’autre est appelée la transformée de Fourier $X(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t)e^{-2\pi ift} dt$

Dualité temps-fréquence

À retenir

- ▶ Tout signal “physique” possède un unique signal équivalent dans le domaine fréquentiel.
- ▶ L’opération pour passer de l’un à l’autre est appelée la transformée de Fourier $X(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t)e^{-2\pi ift} dt$

▶ Preuve : Bac+3, rigoureux en Bac+5

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Dualité Fréquentielle

└ Dualité temps-fréquence

À retenir

- ▶ Tout signal “physique” possède un unique signal équivalent dans le domaine fréquentiel.
- ▶ L’opération pour passer de l’un à l’autre est appelée la transformée de Fourier $X(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t)e^{-2\pi ift} dt$

▶ Preuve : Bac+3, rigoureux en Bac+5

1. la ou il y a du signal, il y a une TF

Dualité temps-fréquence

À retenir

- ▶ Tout signal “physique” possède un unique signal équivalent dans le domaine fréquentiel.
- ▶ L’opération pour passer de l’un à l’autre est appelée la transformée de Fourier $X(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t)e^{-2\pi ift} dt$
- ▶ Preuve : Bac+3, rigoureux en Bac+5
- ▶ Tout type de signaux (son,image, volume 3D)

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Dualité Fréquentielle

└ Dualité temps-fréquence

1. la ou il y a du signal, il y a une TF

À retenir

- ▶ Tout signal “physique” possède un unique signal équivalent dans le domaine fréquentiel.
- ▶ L’opération pour passer de l’un à l’autre est appelée la transformée de Fourier $X(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t)e^{-2\pi ift} dt$

- ▶ Preuve : Bac+3, rigoureux en Bac+5
- ▶ Tout type de signaux (son,image, volume 3D)

Dualité temps-fréquence

À retenir

- ▶ Tout signal “physique” possède un unique signal équivalent dans le domaine fréquentiel.
- ▶ L’opération pour passer de l’un à l’autre est appelée la transformée de Fourier $X(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t)e^{-2\pi ift} dt$
- ▶ Preuve : Bac+3, rigoureux en Bac+5
- ▶ Tout type de signaux (son,image, volume 3D)

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Dualité Fréquentielle

└ Dualité temps-fréquence

1. la ou il y a du signal, il y a une TF

À retenir

- ▶ Tout signal “physique” possède un unique signal équivalent dans le domaine fréquentiel.
- ▶ L’opération pour passer de l’un à l’autre est appelée la transformée de Fourier $X(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t)e^{-2\pi ift} dt$

- ▶ Preuve : Bac+3, rigoureux en Bac+5
- ▶ Tout type de signaux (son,image, volume 3D)

Dualité temps-fréquence

À retenir

- ▶ Tout signal “physique” possède un unique signal équivalent dans le domaine fréquentiel.
- ▶ L’opération pour passer de l’un à l’autre est appelée la transformée de Fourier $X(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t)e^{-2\pi ift} dt$

- ▶ Preuve : Bac+3, rigoureux en Bac+5
- ▶ Tout type de signaux (son,image, volume 3D)

Remarque

Tout signal périodique possède un spectre discret.

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Dualité Fréquentielle

└ Dualité temps-fréquence

Dualité temps-fréquence

À retenir

▶ Tout signal “physique” possède un unique signal équivalent dans le domaine fréquentiel.

▶ L’opération pour passer de l’un à l’autre est appelée la transformée de Fourier $X(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t)e^{-2\pi ift} dt$

▶ Preuve : Bac+3, rigoureux en Bac+5

▶ Tout type de signaux (son,image, volume 3D)

Remarque

Tout signal périodique possède un spectre discret.

1. la ou il y a du signal, il y a une TF

Dualité temps-fréquence

À retenir

- ▶ Tout signal “physique” possède un unique signal équivalent dans le domaine fréquentiel.
- ▶ L’opération pour passer de l’un à l’autre est appelée la transformée de Fourier $X(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t)e^{-2\pi ift} dt$

- ▶ Preuve : Bac+3, rigoureux en Bac+5
- ▶ Tout type de signaux (son,image, volume 3D)

Remarque

Tout signal périodique possède un spectre discret.

La transformée de Fourier est utilisée notamment en :

- ▶ physique quantique

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Dualité Fréquentielle

└ Dualité temps-fréquence

Dualité temps-fréquence

À retenir

▶ Tout signal “physique” possède un unique signal équivalent dans le domaine fréquentiel.
▶ L’opération pour passer de l’un à l’autre est appelée la transformée de Fourier $X(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t)e^{-2\pi ift} dt$

- ▶ Preuve : Bac+3, rigoureux en Bac+5
- ▶ Tout type de signaux (son,image, volume 3D)

Remarque

Tout signal périodique possède un spectre discret.

La transformée de Fourier est utilisée notamment en :

- ▶ physique quantique

1. la ou il y a du signal, il y a une TF

Dualité temps-fréquence

À retenir

- ▶ Tout signal “physique” possède un unique signal équivalent dans le domaine fréquentiel.
- ▶ L’opération pour passer de l’un à l’autre est appelée la transformée de Fourier $X(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t)e^{-2\pi ift} dt$

- ▶ Preuve : Bac+3, rigoureux en Bac+5
- ▶ Tout type de signaux (son,image, volume 3D)

Remarque

Tout signal périodique possède un spectre discret.

La transformée de Fourier est utilisée notamment en :

- ▶ physique quantique
- ▶ compression d’image

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Dualité Fréquentielle

└ Dualité temps-fréquence

Dualité temps-fréquence

À retenir

▶ Tout signal “physique” possède un unique signal équivalent dans le domaine fréquentiel.
▶ L’opération pour passer de l’un à l’autre est appelée la transformée de Fourier $X(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t)e^{-2\pi ift} dt$

- ▶ Preuve : Bac+3, rigoureux en Bac+5
- ▶ Tout type de signaux (son,image, volume 3D)

Remarque

Tout signal périodique possède un spectre discret.

La transformée de Fourier est utilisée notamment en :

- ▶ physique quantique
- ▶ compression d’image

1. la ou il y a du signal, il y a une TF

Dualité temps-fréquence

À retenir

- ▶ Tout signal “physique” possède un unique signal équivalent dans le domaine fréquentiel.
- ▶ L’opération pour passer de l’un à l’autre est appelée la transformée de Fourier $X(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t)e^{-2\pi ift} dt$

- ▶ Preuve : Bac+3, rigoureux en Bac+5
- ▶ Tout type de signaux (son,image, volume 3D)

Remarque

Tout signal périodique possède un spectre discret.

La transformée de Fourier est utilisée notamment en :

- ▶ physique quantique
- ▶ cryptographie
- ▶ compression d’image

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Dualité Fréquentielle

└ Dualité temps-fréquence

Dualité temps-fréquence

À retenir

▶ Tout signal “physique” possède un unique signal équivalent dans le domaine fréquentiel.
▶ L’opération pour passer de l’un à l’autre est appelée la transformée de Fourier $X(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t)e^{-2\pi ift} dt$

- ▶ Preuve : Bac+3, rigoureux en Bac+5
- ▶ Tout type de signaux (son,image, volume 3D)

Remarque

Tout signal périodique possède un spectre discret.

La transformée de Fourier est utilisée notamment en :

- ▶ physique quantique
- ▶ cryptographie
- ▶ compression d’image

1. la ou il y a du signal, il y a une TF

Dualité temps-fréquence

À retenir

- ▶ Tout signal “physique” possède un unique signal équivalent dans le domaine fréquentiel.
- ▶ L’opération pour passer de l’un à l’autre est appelée la transformée de Fourier $X(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t)e^{-2\pi ift} dt$

- ▶ Preuve : Bac+3, rigoureux en Bac+5
- ▶ Tout type de signaux (son,image, volume 3D)

Remarque

Tout signal périodique possède un spectre discret.

La transformée de Fourier est utilisée notamment en :

- ▶ physique quantique
- ▶ cryptographie
- ▶ compression d’image
- ▶ ...

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Dualité Fréquentielle

└ Dualité temps-fréquence

Dualité temps-fréquence

À retenir

▶ Tout signal “physique” possède un unique signal équivalent dans le domaine fréquentiel.
▶ L’opération pour passer de l’un à l’autre est appelée la transformée de Fourier $X(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t)e^{-2\pi ift} dt$

- ▶ Preuve : Bac+3, rigoureux en Bac+5
- ▶ Tout type de signaux (son,image, volume 3D)

Remarque

Tout signal périodique possède un spectre discret.

La transformée de Fourier est utilisée notamment en :

- ▶ physique quantique
- ▶ cryptographie
- ▶ compression d’image
- ▶ ...

1. la ou il y a du signal, il y a une TF

Analogique vs Numérique

Exemples

Signaux Analogiques :

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

- └ Conversion Analogique Numérique
 - └ Analogique vs Numérique

Demander 3 exemples Analogique, Numériques

Analogique vs Numérique

Exemples

Signaux Analogiques :

- ▶ La voix
- ▶ Les sillons d'un disque vinyl
- ▶ La lumière du soleil
- ▶ La batterie d'un smartphone

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Conversion Analogique Numérique

└ Analogique vs Numérique

Demander 3 exemples Analogique, Numériques

Signaux Analogiques :

- ▶ La voix
- ▶ Les sillons d'un disque vinyl
- ▶ La lumière du soleil
- ▶ La batterie d'un smartphone

Analogique vs Numérique

Exemples

Signaux Analogiques :

- ▶ La voix
- ▶ Les sillons d'un disque vinyl
- ▶ La lumière du soleil
- ▶ La batterie d'un smartphone

Signaux Numériques :

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Conversion Analogique Numérique

└ Analogique vs Numérique

Demander 3 exemples Analogique, Numériques

Signaux Analogiques :

- ▶ La voix
- ▶ Les sillons d'un disque vinyl
- ▶ La lumière du soleil
- ▶ La batterie d'un smartphone

Signaux Numériques :

Analogique vs Numérique

Exemples

Signaux Analogiques :

- ▶ La voix
- ▶ Les sillons d'un disque vinyl
- ▶ La lumière du soleil
- ▶ La batterie d'un smartphone

Signaux Numériques :

- ▶ Les sillons d'un CD
- ▶ Une image
- ▶ L'ADN
- ▶ 100111101

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Conversion Analogique Numérique

└ Analogique vs Numérique

Demander 3 exemples Analogique, Numériques

Signaux Analogiques :

- ▶ La voix
- ▶ Les sillons d'un disque vinyl
- ▶ La lumière du soleil
- ▶ La batterie d'un smartphone

Signaux Numériques :

- ▶ Les sillons d'un CD
- ▶ Une image
- ▶ L'ADN
- ▶ 100111101

Analogique vs Numérique

Exemples

Signaux Analogiques :

- ▶ La voix
- ▶ Les sillons d'un disque vinyl
- ▶ La lumière du soleil
- ▶ La batterie d'un smartphone

- ▶ Continus
- ▶ Valeurs quelconques

Signaux Numériques :

- ▶ Les sillons d'un CD
- ▶ Une image
- ▶ L'ADN
- ▶ 100111101

- ▶ temps/index discret
- ▶ valeurs limitées

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Conversion Analogique Numérique

└ Analogique vs Numérique

Demander 3 exemples Analogique, Numériques

Signaux Analogiques :

- ▶ La voix
- ▶ Les sillons d'un disque vinyl
- ▶ La lumière du soleil
- ▶ La batterie d'un smartphone

- ▶ Continus
- ▶ Valeurs quelconques

Signaux Numériques :

- ▶ Les sillons d'un CD
- ▶ Une image
- ▶ L'ADN
- ▶ 100111101

- ▶ temps/index discret
- ▶ valeurs limitées

Conversion Analogique Numérique

Généralité

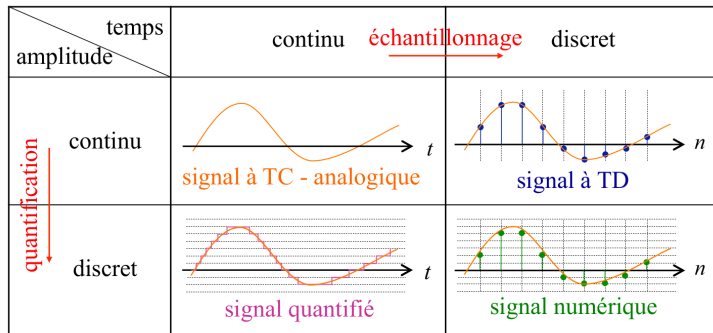
Le traitement du signal et le post-bac

Définition et exemples

Dualité Fréquentielle

Conversion Analogique Numérique

Vos Question

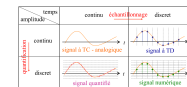


2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Conversion Analogique Numérique

└ Conversion Analogique Numérique

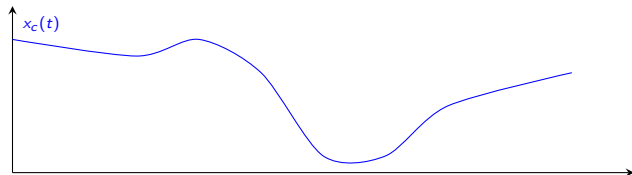


- On ne va étudier que l'échantillonnage en détail
- La quantification -> faire des arrondis -> pertes d'information. (entropie de Shannon hors niveau)

Echantillonnage

Échantillonneur

- Multiplication par une fonction peigne
- Période d'échantillonnage T_e



2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac
└ Conversion Analogique Numérique
└ Echantillonnage

1. Période -> Fréquence -> fourier

Echantillonnage

Échantillonneur

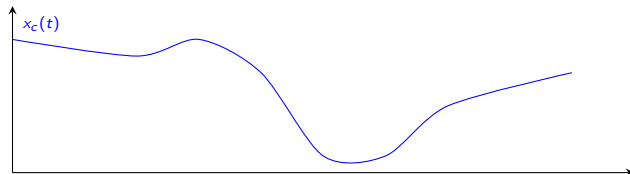
- Multiplication par une fonction peigne
- Période d'échantillonnage T_e



Echantillonnage

Échantillonneur

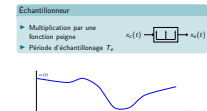
- Multiplication par une fonction peigne
- Période d'échantillonnage T_e



2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac
 └ Conversion Analogique Numérique
 └ Echantillonnage

Echantillonnage

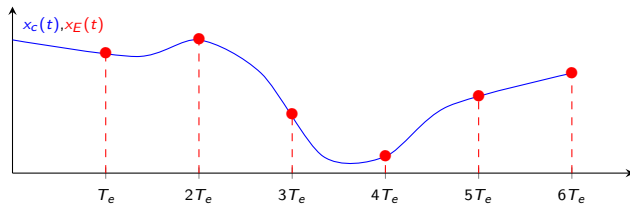
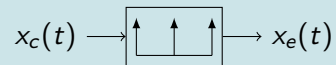


1. Période -> Fréquence -> fourier

Echantillonnage

Échantillonneur

- Multiplication par une fonction peigne
- Période d'échantillonnage T_e



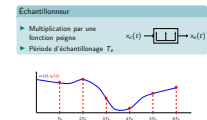
2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac
 └ Conversion Analogique Numérique

└ Echantillonnage

1. Période -> Fréquence -> fourier

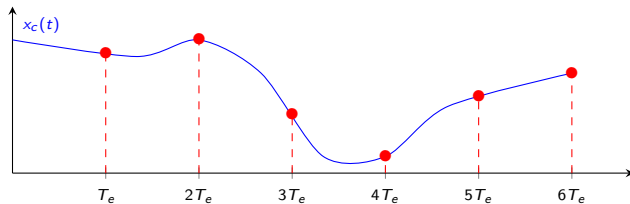
Echantillonnage



Echantillonnage

Échantillonneur

- Multiplication par une fonction peigne
- Période d'échantillonnage T_e



Remarque

La transformée de Fourier d'un peigne est un peigne.

2020-01-23

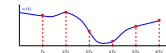
Le traitement du signal et le post-bac
└ Conversion Analogique Numérique

└ Echantillonnage

Echantillonnage

Échantillonneur

- Multiplication par une fonction peigne
- Période d'échantillonnage T_e



Remarque

La transformée de Fourier d'un peigne est un peigne.

1. Période -> Fréquence -> fourier

Échantillonnage

Spectre d'un signal échantillonné

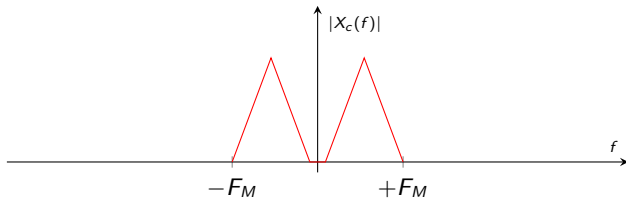


FIGURE – Spectre du signal continu

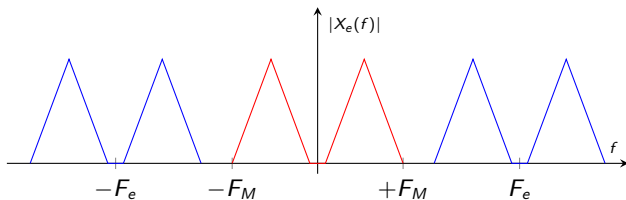


FIGURE – Spectre du signal échantillonné

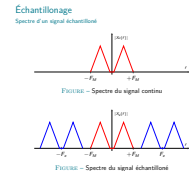
2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Conversion Analogique Numérique

└ Échantillonnage

Fréquence négative : Ca vient de la formulation générale de la transformée de Fourier, symétrique de la partie positive (signaux réel)



Echantillonnage

choix de la fréquence d'échantillonnage

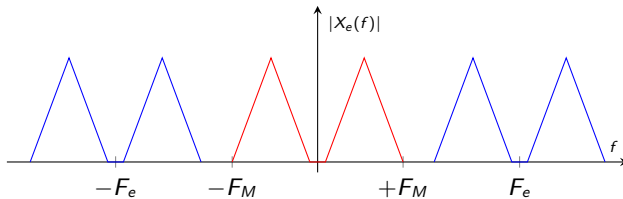


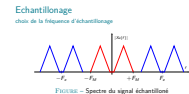
FIGURE – Spectre du signal échantillonné

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Conversion Analogique Numérique

└ Echantillonnage



Echantillonnage

choix de la fréquence d'échantillonnage

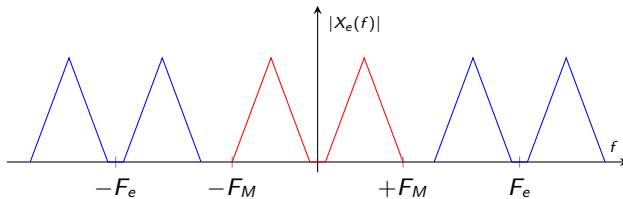


FIGURE – Spectre du signal échantillonné

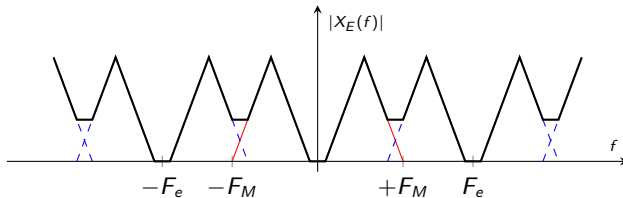


FIGURE – Repliement de spectre

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

└ Conversion Analogique Numérique

└ Echantillonnage

Echantillonnage

choix de la fréquence d'échantillonnage

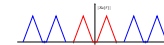


FIGURE – Spectre du signal échantillonné

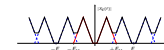


FIGURE – Repliement de spectre

Échantillonnage

Théorème de Shannon

Theorème de Shannon

Pour échantillonner de manière fidèle un signal, il faut que la fréquence d'échantillonnage F_e vérifie :

$$F_e \geq 2F_{max}$$

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac
└ Conversion Analogique Numérique
└ Échantillonnage

$$F_e \geq 2F_{max}$$

Échantillonnage

Théorème de Shannon

Theorème de Shannon

Pour échantillonner de manière fidèle un signal, il faut que la fréquence d'échantillonnage F_e vérifie :

$$F_e \geq 2F_{max}$$

- ▶ “Théorème fondamental du traitement du signal”
- ▶ Les spectre “fantômes” ne parasitent pas le spectre original
 - ▶ Pas de pertes d'information
 - ▶ On peut reconstruire le signal analogique (CNA)

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac

- └ Conversion Analogique Numérique
 - └ Échantillonnage

Theorème de Shannon

Pour échantillonner de manière fidèle un signal, il faut que la fréquence d'échantillonnage F_e vérifie :

$$F_e \geq 2F_{max}$$

- ▶ “Théorème fondamental du traitement du signal”
- ▶ Les spectre “fantômes” ne parasitent pas le spectre original
 - ▶ Pas de pertes d'information
 - ▶ On peut reconstruire le signal analogique (CNA)

Conclusion

- Le traitement du signal est partout
- forte intrication avec les mathématiques
-

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac
└─ Conversion Analogique Numérique
└─ Conclusion

Conclusion

- Le traitement du signal est partout
- forte intrication avec les mathématiques
-

Merci pour votre attention

Des questions ?

PIERRE-ANTOINE COMBY

pierre-antoine.comby@ens-paris-saclay.fr

2020-01-23

Le traitement du signal et le post-bac
└ Vos Question

Demander les noms, 1/2 1/2 1/2

- La prépa/L'ENS/Le supérieur
- Le TS
- Bonus : la recherche, au tableau

Merci pour votre attention

Des questions ?

PIERRE-ANTOINE COMBY
pierre-antoine.comby@ens-paris-saclay.fr