Le traitement du signal et le post-bac

PIERRE-ANTOINE COMBY

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

Le traitement du signal et le post-bac

Le traitement du signal et le post-bac PRERE-ANTONNE COMEY pers remarant/home per maio; 8

Se présenter, énoncé le plan

Objectif de la séance

 du

et le post-bac

Définition et

exemples

Fréquentiel

Analogique Jumérique

V-- O.....

Le traitement du signal et le post-bac

2020-01-23

└─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

Objectif de la séance

Le traitement du signal et le post-bac

Définition exemples

Dualité Fréquentiel

Conversion Analogique Numérique

V-- O.....

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

Le traitement du signal et le post-bac

Directif de la séance

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.)

Le traitement du signal et le post-bac

**Dorrer un avait goit des disselle supériment en mathé, jéprique.

**Dijectif de la séance

**Dojectif de la séance

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

t du

Le traitement du signal et le post-bac

Définition exemples

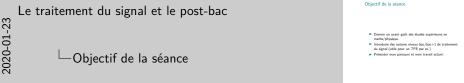
Dualité Fréquentiel

Analogiqu Numérique

Vos Ouestio

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.



- 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

Curriculum Vitae

signal et le post-bac

2020-01-23

Curriculum Vitae

Le traitement du signal et le post-bac

Curriculum Vitae

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

Le traitement du signal et le post-bac

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

Curriculum Vitae

2020-01-23

Curriculum Vitae

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

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

- PCSI
- ► PSI*

Le traitement du signal et le post-bac 2020-01-23

-Curriculum Vitae

2012-2015: Lycée Charles Péguy, BAC S , ABIBAC 2015-2017: Classe Prépa (Lycée Saint Louis, Paris) ► PCSI ► PSI*

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

Le traitement du signal et le post-bac

-Curriculum Vitae

2020-01-2

Curriculum Vitae 2012-2015 : Lyolie 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

► M2 Stage de recherche à Karlsruhe

Tomographie à ultrason, imagerie M2R : Master Traitement du Signal/IA

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 : Probablemement une thèse.

Le traitement du signal et le post-bac

-Curriculum Vitae

2020-01-2

► PSI* 2017-2021 : Ecole Normale Supérieure Cachan Paris-Saclay ► L3 Sciences de l'ingénieur/Physique M1 Electronique. Electrotechnique ► M2 Stage de recherche à Karlsruhe Tomographie à ultrason, imagerie ► M2R : Master Traitement du Signal/IA

2012-2015 : Lyolie Charles Péguy, BAC S , ABIBAC

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

► PCSI

Curriculum Vitae

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

Le traitement du signal

signal et le post-bac

Définition et exemples

Dualité Fréquentiel

Conversion Analogique Numérique

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

Le traitement du signal et le post-bac $\overset{\text{E7}}{\overset{\text{D6}}{\text{finition}}}$ et exemples $\overset{\text{L}}{\overset{\text{L}}{\text{Le}}}$ traitement du signal

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

Le traitement du signal

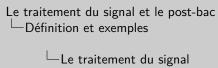
On va regarder Les fondements du TS

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.



➤ Cest quoi 7

➤ A quoi ça sent?

➤ Comment ça marche?

Definition

➤ Un signal est une fonction of une ou plusiours variables qui velociule de l'information sur un phénomène physique.

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.
- 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.

Le traitement du signal et le post-bac

Définition et exemples

Le traitement du signal

 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 o des signaux en d'autres signaux ou paramètres, dans le but d'en extraire de l'information.

Le traitement du signal

C'est quoi?

► À quoi ca sert?

On va regarder Les fondements du TS

école — — — — normale — — — supérieure — — paris – saclay — —

Le traitement du signal et le post-bac

Définition et exemples

Dualité Fréquentiel

Analogique Numérique

V-- O......

Des exemples













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 miliers de km.

Le traitement du signal et le post-bac

Définition et exemples

ualité réquentiel

réquentiel onversion

Anaiogique Numérique

...

Mesure :

Le traitement du signal et le post-bac Définition et exemples

Différent type de TS

Mesure :

Différent type de TS

1. grandeurs statistiques

Le traitement du signal et le post-bac

Définition et exemples

Dualité Fréquentiel

Conversion Analogique

·

Mesure : Estimation de grandeurs caractéristiques

Le traitement du signal et le post-bac

Définition et exemples

Différent type de TS

Différent type de TS

Mesure : Estimation de grandeurs caractéristiques

1. grandeurs statistiques

Le traitement du signal et le post-bac

Définition et exemples

Dualité Fréquentiel

Conversion Analogique

., .

Mesure : Estimation de grandeurs caractéristiques

Détection :

Le traitement du signal et le post-bac Définition et exemples

Différent type de TS

Différent type de TS

Meure : Estimation de grandeurs Caractéristiques
Ditection :

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

Le traitement du signal et le post-bac

Définition et exemples

Mesure : Estimation de grandeurs caractéristiques

Détection : Extraction d'un signal utile du bruit

Le traitement du signal et le post-bac 2020-01-23 Définition et exemples

Différent type de TS Détection : Extraction d'un signal utile du bruit

Différent type de TS

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

Le traitement du signal et le post-bac

Définition et exemples

Mesure : Estimation de grandeurs caractéristiques

Détection : Extraction d'un signal utile du bruit

Filtrage:

Le traitement du signal et le post-bac 2020-01-23 Définition et exemples Différent type de TS

Différent type de TS

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

Le traitement du signal et le post-bac

Définition et exemples

Différent type de TS

Mesure : Estimation de grandeurs caractéristiques

Détection : Extraction d'un signal utile du bruit

Filtrage : Élimination de composante indésirable

Le traitement du signal et le post-bac 2020-01-23 Définition et exemples

itrare : Élimination de composante indésirable

Différent type de TS

-Différent type de TS

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

Définition et exemples

Dualité Fréquentiel

Analogique Numérique

V-- O.....

Différent type de TS

Mesure : Estimation de grandeurs caractéristiques

Détection : Extraction d'un signal utile du bruit

Filtrage : Élimination de composante indésirable

Codage:

Le traitement du signal et le post-bac Définition et exemples

└─Différent type de TS

Mesure : Estimation de grandeurs caractéristi
Détection : Extraction d'un signal utile du bruit
Filtrage : Élimination de composante indésiral
Codage :

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

--- du

Le traitement du signal et le post-bac

Définition et exemples

Fréquentie

Conversion Analogique

Voc Questio

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

Le traitement du signal et le post-bac Définition et exemples

└─Différent type de TS

Mesure : Estimation de grandeurs caractéristiques Détection : Estraction d'un signal utile du bruit Fâtrage : Elimination de composante indésirable Codage : Mise en forme pour transmission

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

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:

Le traitement du signal et le post-bac Définition et exemples

Différent type de TS

Meure : Estimation de grandeurs caractéristiques
Disection : Estraction d'un signal stils du broit
Fitzage : Elimination de composates indéviable
Codage : Mille en forme pour transmission
Compression :

☐ 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.

Le traitement du signal et le post-bac Définition et exemples

☐Différent type de TS

Mesure: Estimation de grandeurs caractéristiques
Désction: Estraction d'un signal utillé du bruit
Filtragu: Élimination de composante indésirable
Codage: Mise en forme pour transmission
Compression: Réduction de la redondance d'informatic

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

Le traitement du signal et le post-bac

Définition et exemples

Fréquentie

Analogique Numérique

Vos Questio

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:

Le traitement du signal et le post-bac Définition et exemples

☐Différent type de TS

Différent type de TS

Meure: Estimation de grandeurs caractéristique
Détection: Estraction d'un signal utilis du bouit
Filtrage: Elimitation de composante indiciable
Codage: Blace en forme pour transmission
Codage: Marc

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

Le traitement du signal et le post-bac

Définition et exemples

Fréquentie

Analogique Numérique

Vos Questio

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

Le traitement du signal et le post-bac Définition et exemples

└─Différent type de TS

Mesure: Estimation de grandeurs caractéristiques
Disaction: Estraction d'un signal utille du bruit
Fitzago: Élimination de composante indésinable
Codago: Miss en forme pour trasmission
Compression: Rédiction de la redodance d'information.
Modulation: Adaptation d'un signal aux caractéristiques
d'une voie de trammission

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

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:

Le traitement du signal et le post-bac Définition et exemples

└─Différent type de TS

Masur: Estimation de grandeurs caractéristiques
Ditection: Extraction d'un signal utile du broit
Filtrage: Elimination de composates indésirable
Codage: Miles de feme pour trasmonission matien
Modelation: Adeptation d'un signal aux caractéristiques
d'une vois de transmission
Segmentation:

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

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

Le traitement du signal et le post-bac Définition et exemples

└─Différent type de TS

Mesure : Estimation de grandeurs caractéristiques
Dilection : Estraction d'un signal solis du broit
Fitzago : Elimination de composante indésirable
Codago : Mare e forme pour transmissioner
Compression : Réduction de la reduction d'informationer
Modublosto
Accommendation : Marchael de la reduction de

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

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:

Le traitement du signal et le post-bac Définition et exemples -Différent type de TS

2020-01

Différent type de TS Mesure : Estimation de grandeurs caractéristiques Nétection : Extraction d'un signal utile du bruit itrare : Élimination de composante indésirable orlare : Mise en forme nour transmission pression : Réduction de la redondance d'information Adaptation d'un signal aux caractéristiques egmentation : Découpage en parties homogènes

- 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

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.

Le traitement du signal et le post-bac Définition et exemples

└─Différent type de TS

Different type de TS

Meuw Estimation de gradeur caractéristiques
Distration Estraction d'un signal acté de lors les Franças (Emission de compassas relations de compassas relations de compassas relations de compassas relations de la relationstate compassas. Machalismo de la relationstate conferencia. Machalismo de la relation de la relationstate compassas de la relation de la re

- 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

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.

Le traitement du signal et le post-bac Définition et exemples

└─Différent type de TS

Different type de TS

Meuw Estimation de gradeur caractéristiques
Distration Estraction d'un signal acté de lors les Franças (Emission de compassas relations de compassas relations de compassas relations de compassas relations de la relationstate compassas. Machalismo de la relationstate conferencia. Machalismo de la relation de la relationstate compassas de la relation de la re

- 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

Définition et exemples

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

Le traitement du signal et le post-bac 2020-01-23 Définition et exemples └─Différent type de signaux

Différent type de signaux De l'ordre, il faut de l'ordre :

Différent type de signaux

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

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

Le traitement du signal et le post-bac Définition et exemples └─Différent type de signaux

2020-01-23

De l'ordre, il faut de l'ordre Nombre de variable (1-D (son), 2-D (image), N-D,...)

Différent type de signaux

Définition et exemples

Dualité Fréquentiel

Conversion Analogique Numérique

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

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

Le traitement du signal et le post-bac $\begin{tabular}{l} \begin{tabular}{l} \begin{tab$

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

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

réal/complexe

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)

Le traitement du signal et le post-bac 2020-01-23 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)

Différent type de signaux

supérieure paris – saclav ——

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.

Le traitement du signal et le post-bac Définition et exemples

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)

Différent type de signaux

2020-01-23

-Différent type de signaux

Définition et exemples

Dualité Fréquentiel

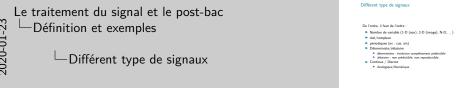
Analogiqu Numérique

Vos Questio

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. Le traitement du signal et le post-bac —Dualité Fréquentielle

—Analyse Spectrale

Expérience

3 sons à la même fréquence, mais différente d'onde.

Analyse Spectrale

 $La3: 440 \ Hz, \ apporter \ ordi/t\'el\'ephone + \ Enceinte$

Sinus

2020-01-23

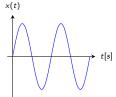
- triangle
- Créneau /carré

\/-- O...-+:-

Analyse Spectrale

Expérience

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



Le traitement du signal et le post-bac —Dualité Fréquentielle

—Analyse Spectrale



La3 : 440 Hz, apporter ordi/téléphone + Enceinte

Sinus

2020-01-23

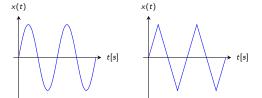
- triangle
- Créneau /carré

Dualité

Analyse Spectrale

Expérience

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



Le traitement du signal et le post-bac 2020-01-23 Dualité Fréquentielle

—Analyse Spectrale



Analyse Spectrale

La3 : 440 Hz, apporter ordi/téléphone + Enceinte

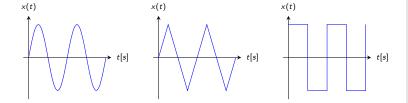
- Sinus
- triangle
- Créneau /carré

V-- O.....

Analyse Spectrale

Expérience

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



Le traitement du signal et le post-bac —Dualité Fréquentielle





Analyse Spectrale

La3 : 440 Hz, apporter ordi/téléphone + Enceinte

Sinus

2020-01-23

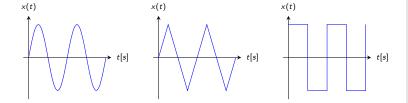
- triangle
- Créneau /carré

V-- O.....

Analyse Spectrale

Expérience

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



Le traitement du signal et le post-bac —Dualité Fréquentielle





Analyse Spectrale

La3 : 440 Hz, apporter ordi/téléphone + Enceinte

Sinus

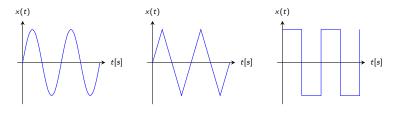
2020-01-23

- triangle
- Créneau /carré

Analyse Spectrale

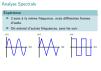
Expérience

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



Le traitement du signal et le post-bac 2020-01-23 Dualité Fréquentielle

-Analyse Spectrale



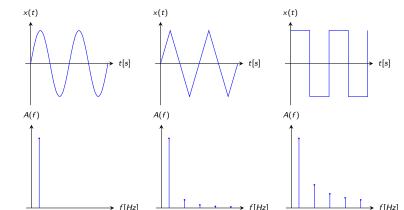
La3 : 440 Hz, apporter ordi/téléphone + Enceinte

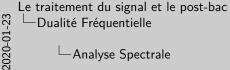
- Sinus
- triangle
- Créneau /carré

Analyse Spectrale

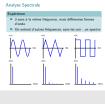
Expérience

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









La3 : 440 Hz, apporter ordi/téléphone + Enceinte

- Sinus
- triangle
- Créneau /carré

Les maths

Théorème (Lycée)

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

Le traitement du signal et le post-bac —Dualité Fréquentielle

2020-01-23

Décomposition de Fourier
Les mathe

Théorème (Lycle)
Tous fonction périodique peut s'écrins comme une somme
pondérie de fonction simuodiale

Décomposition de Fourier

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

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

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

Les maths

Théorème (Lycée)

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

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

Le traitement du signal et le post-bac —Dualité Fréquentielle

2020-01-23

Théorème (Lycle)

Those fonction périodique peut s'écrire comme une somme pondérie de fonctions insusaidate $x_{per}(z) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n con(2\pi n 6z) + b_n sin(2\pi n 6z)$

Décomposition de Fourier

Décomposition de Fourier

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

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

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

Dualité

Décomposition de Fourier

Les maths

Théorème (Lycée)

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

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

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

Le traitement du signal et le post-bac Dualité Fréquentielle

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

Décomposition de Fourier

Décomposition de Fourier

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

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

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

Les maths

Théorème (Lycée)

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

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

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

Le traitement du signal et le post-bac Dualité Fréquentielle

 $x_{par}(t) = \sum a_n cos(2\pi n f_0 t) + b_n sin(2\pi n f_0 t)$

Décomposition de Fourier

Décomposition de Fourier

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

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

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

Les maths

Théorème (Lycée)

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

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

- $ightharpoonup (a_n)$ 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 (~ toutes les fonctions en physique).

Le traitement du signal et le post-bac —Dualité Fréquentielle

└─Décomposition de Fourier

Somme (Lycke) the fonction périodique peut s'écrire comme une somme dérès de fonction sinuocidale $x_{per}(t) = \sum_{n=0}^{+\infty} a_n cos(2\pi n 6 t) + b_n sin(2\pi n 6 t)$

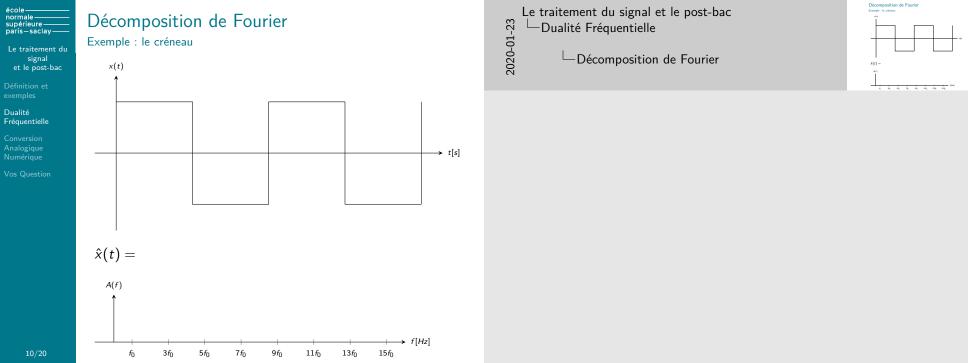
Décomposition de Fourier

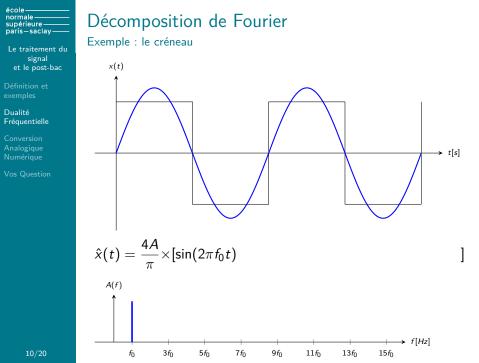
- (a_n) et (b_n) sont des suites, appelées coefficients de Fourier.
 Les coefficients s'obtiennent par produit scalaire de
- Théorème généralisable à toutes fonctions à énerg finie (~ toutes les fonctions en physique).

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

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

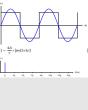
2.
$$X(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t)e^{-2\pi i f t} dt$$

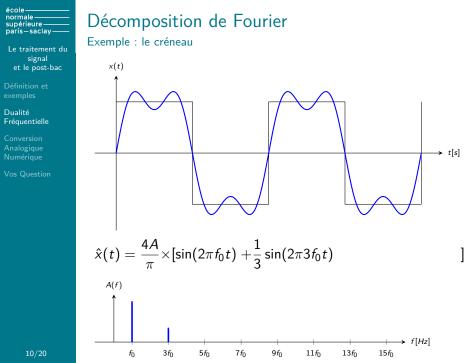


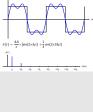


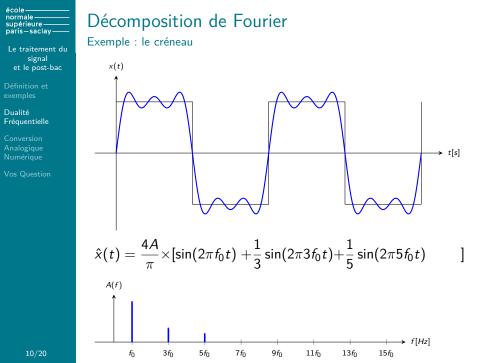
Le traitement du signal et le post-bac

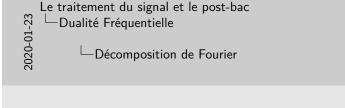
C-10-00

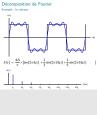


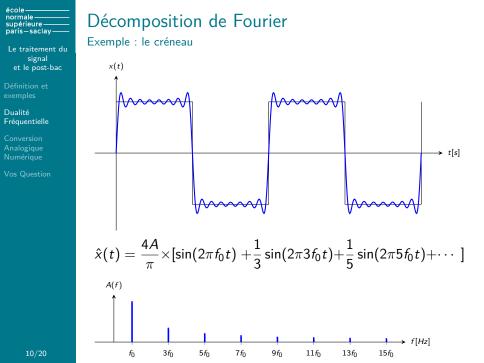








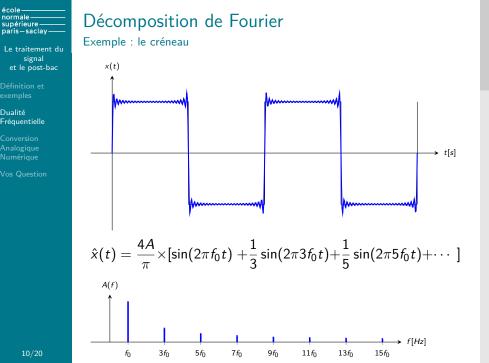


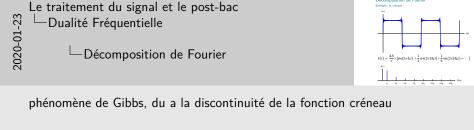


Le traitement du signal et le post-bac

Dualité Fréquentielle

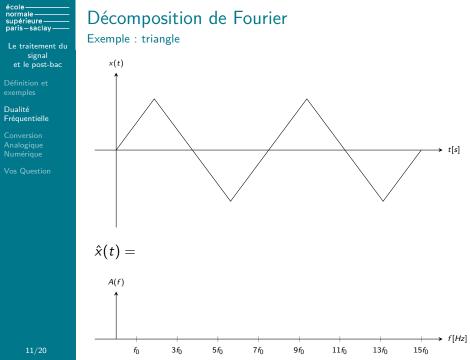
Décomposition de Fourier

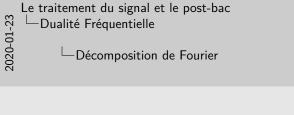


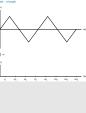


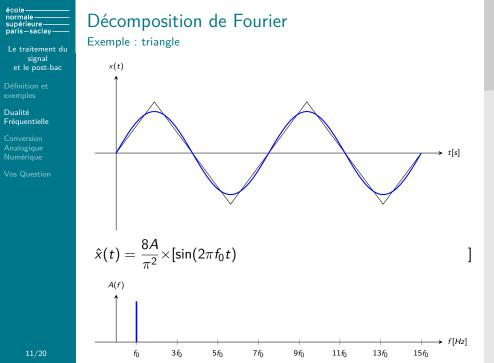
signal

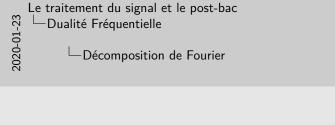
Dualité Fréquentielle

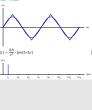


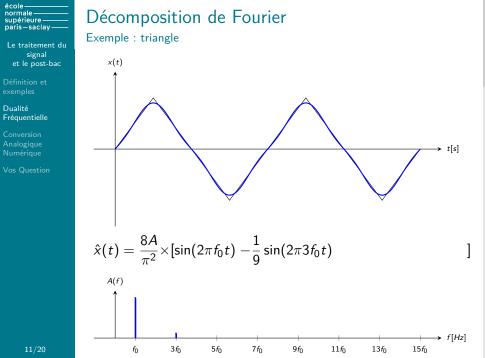


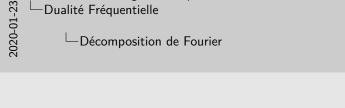




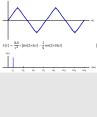


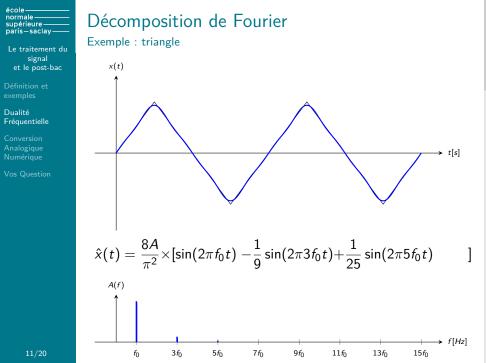


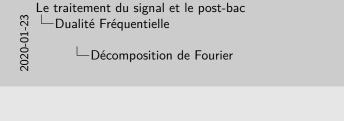


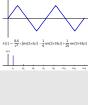


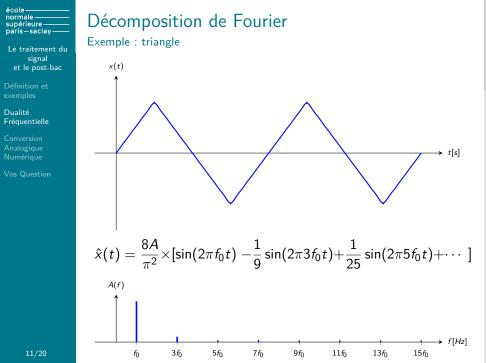
Le traitement du signal et le post-bac



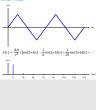


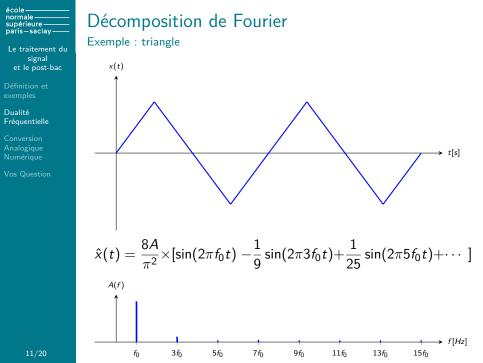






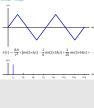
Le traitement du signal et le post-bac





- Dualité Fréquentielle - OO - Décomposition de Fourier - Décomposition de Fourier

Le traitement du signal et le post-bac



À retenir

► Tout signal "physique" possède un unique signal équivalent dans le domaine <u>fréquentiel</u>.

Le traitement du signal et le post-bac

Dualité Fréquentielle

Dualité temps-fréquence

Dualité temps-fréquence

 Tout signal "physique" possède un unique signal équivalent dans le domaine fréquentiel.

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

2020-01-23

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 <u>la</u> transformée de Fourier $X(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t)e^{-2\pi i f t} dt$

Le traitement du signal et le post-bac — Dualité Fréquentielle

2020-01-23

└─Dualité temps-fréquence

A reterm \bullet Tout signal "physique" possède un unique signal équivalent dans le domaine fréquentiel. \bullet L'opération pour passer de l'un à l'autre set appalée la transformée de Fourier $X(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t)e^{-2\pi i t} dt$

Dualité temps-fréquence

A 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 $X(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t)e^{-2\pi i f t} dt$
- ► Preuve : Bac+3, rigoureux en Bac+5

Le traitement du signal et le post-bac 2020-01-23 Dualité Fréquentielle

☐ Dualité temps-fréquence

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

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 <u>la</u> transformée de Fourier $X(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t)e^{-2\pi i f t} dt$
- ► Preuve : Bac+3, rigoureux en Bac+5
- ► Tout type de signaux (son,image, volume 3D)

Le traitement du signal et le post-bac —Dualité Fréquentielle

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

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

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 <u>la</u> transformée de Fourier $X(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t)e^{-2\pi i f t} dt$
- ► Preuve : Bac+3, rigoureux en Bac+5
- ► Tout type de signaux (son,image, volume 3D)

Le traitement du signal et le post-bac —Dualité Fréquentielle

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

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

Dualité temps-fréquence

Dualité temps-fréquence

Fréquentielle

A 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.

Le traitement du signal et le post-bac 2020-01-23 Dualité Fréquentielle

└─Dualité temps-fréquence

Dualité temps-fréquence

 Tout signal "physique" possède un unique signal equivalent dans le domaine fréquentiel.

L'opération pour passer de l'au à l'autre est appelée la transformée de Fourier X(f) = ∫_t∞ x(t)e^{-2xit} dt

A 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

Le traitement du signal et le post-bac 2020-01-23 Dualité Fréquentielle

└─Dualité temps-fréquence

Dualité temps-fréquence

 Tout signal "physique" possède un unique signal équivalent dans le domaine fréquentie

Dualité Fréquentielle └─Dualité temps-fréquence Tout signal "physique" possède un unique signal équivalent dans le domaine fréquentie

Dualité temps-fréquence

Le traitement du signal et le post-bac
CTION
Dualité Fréquentielle
Dualité temps-fréquence

physique quantique
 compression d'image

Dualité temps-fréquence

Tout signal "physique" possède un unique signal

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

équivalent dans le domaine fréquentie

Dualité Fréquentielle └─Dualité temps-fréquence

Le traitement du signal et le post-bac

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

Tout signal "physique" possède un unique signal

équivalent dans le domaine fréquentie L'opération pour passer de l'un à l'autre est appelée la transformée de Fourier X(f) = ∫^{+∞}_{-∞} x(t)e^{-2x it}dt

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

Dualité temps-fréquence



Signaux Analogiques :

Conversion Analogique Numérique

Analogique vs Numérique

Analogique vs Numérique

Demander 3 exemples Analogique, Numériques

Le traitement du signal et le post-bac

Analogique vs Numérique Exemples

Signaux Analogiques:

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

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

2020-01-23

Analogique vs Numérique

Exemples

Signaux Analogiques :

La voix
Les sillons d'un disque

Les sillons d'un disque vinyl

 La lumière du soleil
 La batterie d'un smartphone

signal

et le post-bac

Analogique vs Numérique Exemples

Conversion Analogique Numérique

Signaux Analogiques:

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

Signaux Numériques :

Le traitement du signal et le post-bac 2020-01-23 Conversion Analogique Numérique

—Analogique vs Numérique

Signaux Analogiques La voix Signaux Numériques Les sillons d'un disque La lumière du soleil

La batterie d'un smartphone

Analogique vs Numérique

signal et le post-bac

Analogique vs Numérique Exemples

Conversion Analogique Numérique

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
- **1**00111101

Le traitement du signal et le post-bac 2020-01-23 Conversion Analogique Numérique

La lumière du soleil La batterie d'un —Analogique vs Numérique

La voix Signaux Numériques : Les sillons d'un CD

Analogique vs Numérique

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
- **1**00111101
- ► temps/index discret
- valeurs limitées

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

Analogique vs Numérique

2020-01-23

Signuux Analogiques :

La voix

Les silons d'un disque vinyl

La hamiène du soleil

La batterie d'un smurzylone

Continus

Valeurs quel conques

Analogique vs Numérique

Signaux Numériques :

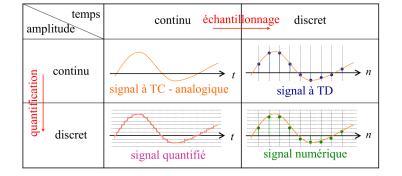
Les sillons d'un CD

temps/index discret

► L'ADN

Voc Ouestic

Conversion Analogique Numérique Généralité



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

2020-01-23

Conversion Analogique Numérique

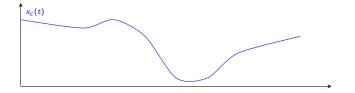
temps rplind)		continu (charil	leenige diseret
conti		signal à TC - analogique	signal à TD
ásc	et	olgral quantifié	A Signal numérique

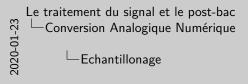
Conversion Analogique Numérique

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

Échantillonneur

- Multiplication par une fonction peigne
- ightharpoonup Période d'échantillonage T_e

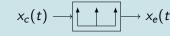






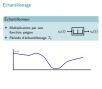
Échantillonneur

Multiplication par une fonction peigne



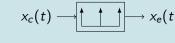
Période d'échantillonage T_e



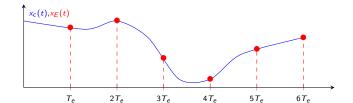


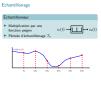
Échantillonneur

Multiplication par une fonction peigne



ightharpoonup Période d'échantillonage T_e

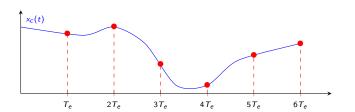




Échantillonneur

Multiplication par une fonction peigne

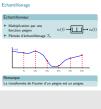
- Période d'échantillonage T_e



Remarque

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

Le traitement du signal et le post-bac 2020-01-23 Conversion Analogique Numérique -Echantillonage





Le traitement du signal et le post-bac

efinition e xemples

ualité équentiel

Conversion Analogique Numérique

ivumenque

Échantillonage

Spectre d'un signal échantilloné

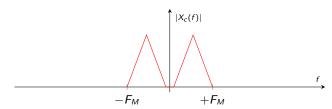


 FIGURE – Spectre du signal continu

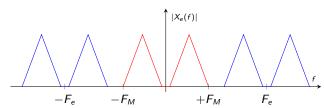
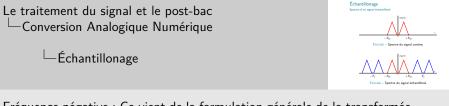


FIGURE – Spectre du signal échantilloné



2020-01-23

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



Le traitement du signal et le post-bac

Définition e

Dualité Fréquentiel

Conversion Analogique Numérique

V-- 0----

Echantillonage

choix de la fréquence d'échantillonage

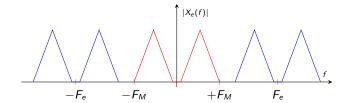
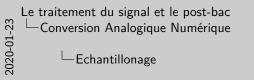


FIGURE – Spectre du signal échantilloné







Le traitement du signal et le post-bac

Définition e exemples

Dualité Fréquentiel

Conversion Analogique Numérique

ivumenque

Echantillonage

choix de la fréquence d'échantillonage

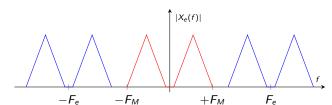


FIGURE – Spectre du signal échantilloné

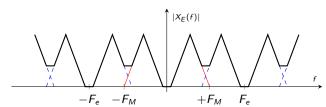
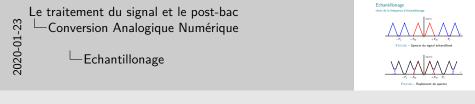


FIGURE – Repliement de spectre



. va...c. iquo

Échantillonage

Théorème de Shannon

Theorème de Shannon

Pour échantillonner de manière $\underline{\text{fidèle}}$ un signal, il faut que la fréquence d'échantillonage F_e vérifie :

 $F_e \geq 2F_{max}$

Le traitement du signal et le post-bac C7-10-000 C6-10-0000 C7-10-0000 C7-10-

Echantillonage Thomas de Shannon $Poor include de Shannon <math display="block">Poor include Shannon \\ Poor include Shannon \\ Poor include Shannon \\ Poor include Shannon \\ Four includes de maxima (Sida un signal, il fact que la friquenca d'échantillonage <math>F_{x}$ soffia: $F_{x} \geq 2F_{xxx}$

Théorème de Shannon

Theorème de Shannon

Pour échantillonner de manière fidèle un signal, il faut que la fréquence d'échantillonage 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 peux reconstruire le signal analogique (CNA)

Le traitement du signal et le post-bac Conversion Analogique Numérique 2020-01-

-Échantillonage

Échantillonage

quence d'échantillonage Fa vérifie

- Les spectre "fantômes" ne parasitent pas le spectre Pas de pertes d'information

Conclusion

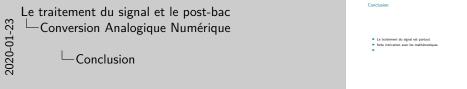
et le post-bac

Dualité

Conversion Analogique

Numérique

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



Des questions?

PIERRE-ANTOINE COMBY

pierre-antoine.comby@ens-pari<u>s-saclay.fr</u>

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