



HAL
open science

Variations de diamètres des arbres, un outil innovant pour caractériser la phénologie ??? - Un cas d'étude d'arbres en ville...

Jérôme Ngao, Thierry Ameglio, M. Saudreau

► To cite this version:

Jérôme Ngao, Thierry Ameglio, M. Saudreau. Variations de diamètres des arbres, un outil innovant pour caractériser la phénologie ??? - Un cas d'étude d'arbres en ville.... Ecole Thématique FP INRA -InnObs, Nov 2019, Montpellier, France. 39 p. hal-02444447

HAL Id: hal-02444447

<https://hal.science/hal-02444447>

Submitted on 5 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Variations de diamètres des arbres, un outil innovant pour caractériser la phénologie???

-

Un cas d'étude d'arbres en ville...

J. NGAO



T. AMEGLIO



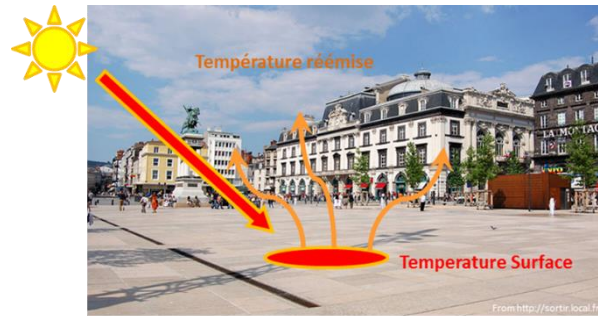
M. SAUDREAU



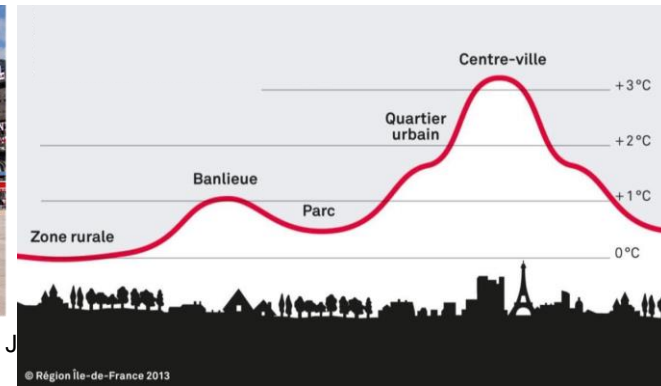
<https://www6.ara.inra.fr/piaf/Presentation/Equipes/MEA>

jerome.ngao@inra.fr

- ✓ Ilot de Chaleur Urbain (ICU) : Le bâti stocke l'énergie la journée et la restitue la nuit

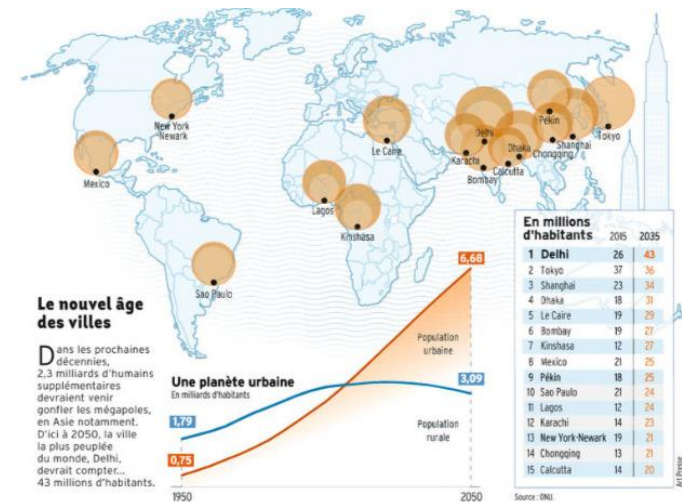
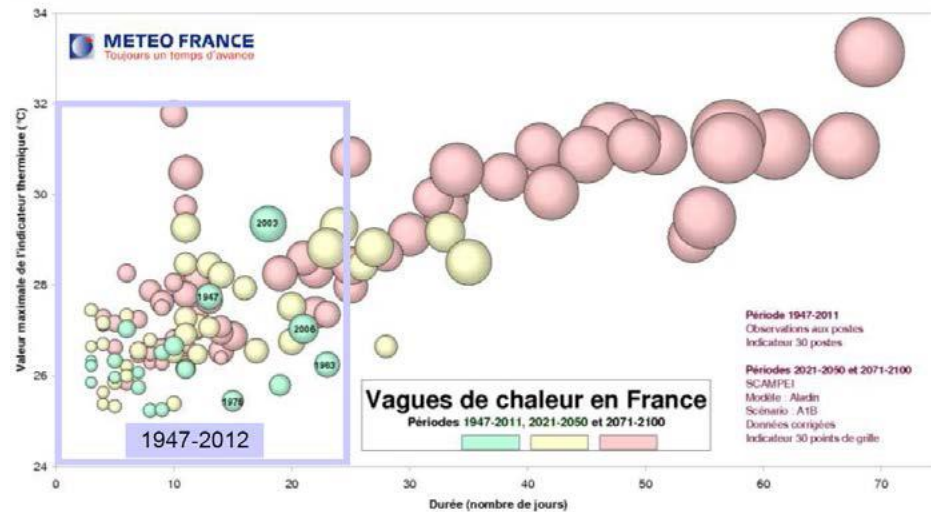


Clermont-Fd, Place de jaude – Photo Ngao J



- ✓ **Changement climatique:** Vagues de chaleur plus fréquentes

- ✓ En 2050, les 2/3 de la population mondiale vivra en ville

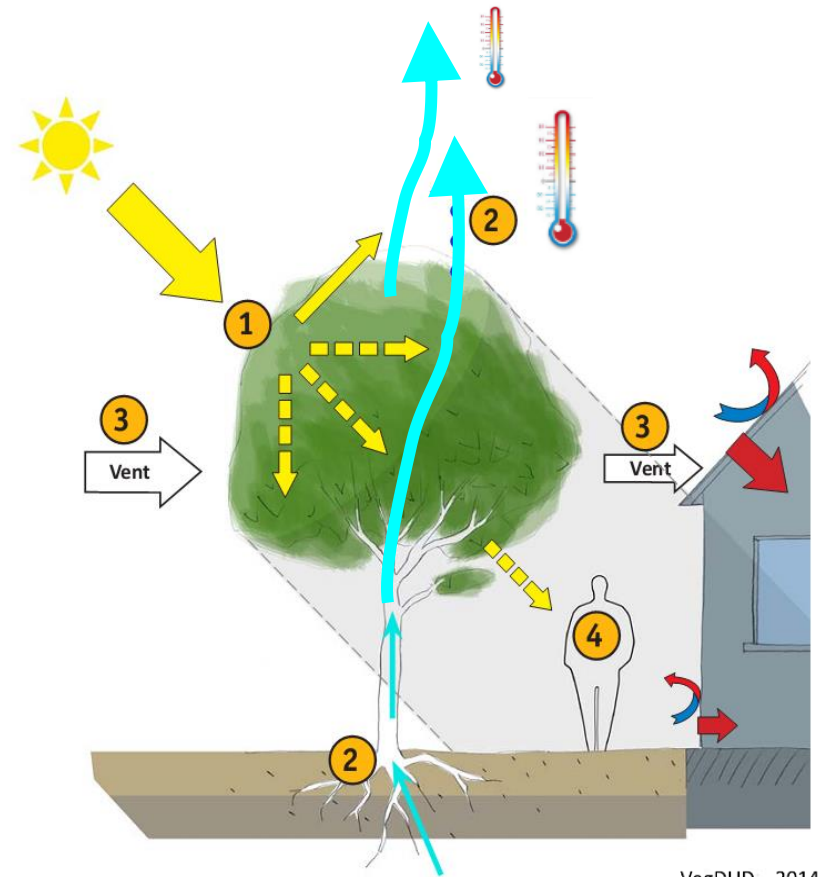


➔ Impacts sur la santé et activités humaines...

- Un enjeu majeur : Atténuer les Ilots de Chaleur Urbains
- Les arbres le font déjà!...

- **OMBRAGE**
- **RAFRAICHISSEMENT**

... Parmi d'autres services écosystémiques potentiels...

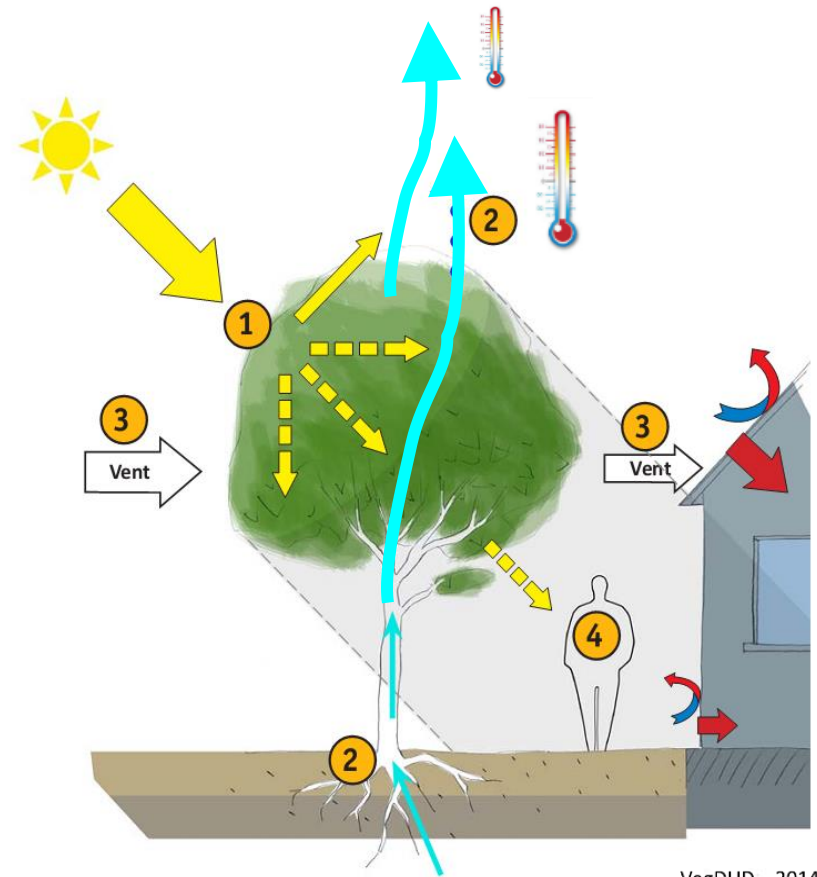


VegDUD – 2014

- Un enjeu majeur : Atténuer les Ilots de Chaleur Urbains
- Les arbres le font déjà!...

- **OMBRAGE**
- **RAFRAICHISSEMENT**

... Parmi d'autres services écosystémiques potentiels...



VegDUD - 2014

➤ Services attendus dépendant du (bon!!!) **fonctionnement de l'arbre**:

- Développement de la **Surface Foliaire**
- Croissance de la **Structure Ligneuse**

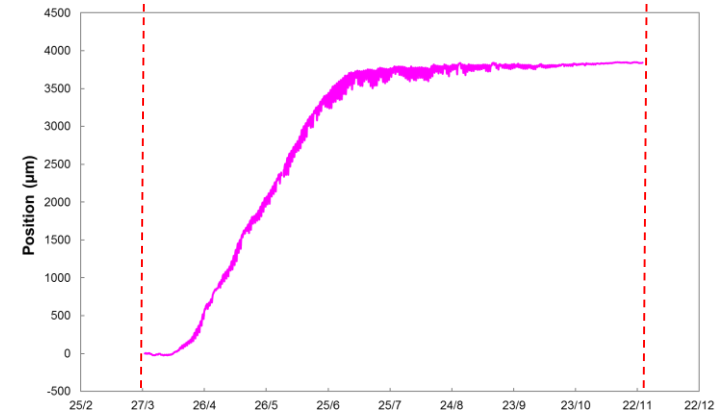
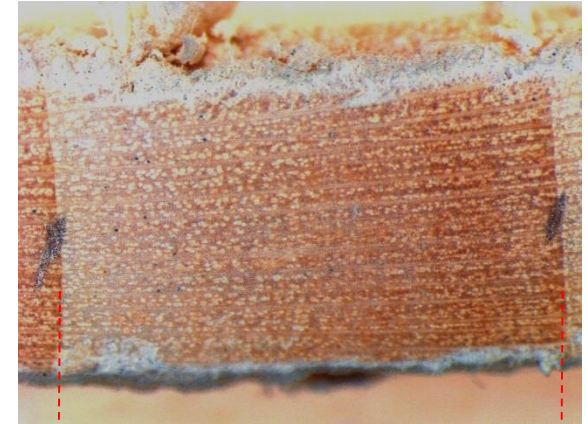
• Services Quantitatifs : dépendance à la temporalité des processus

➔ **Phénologie???**

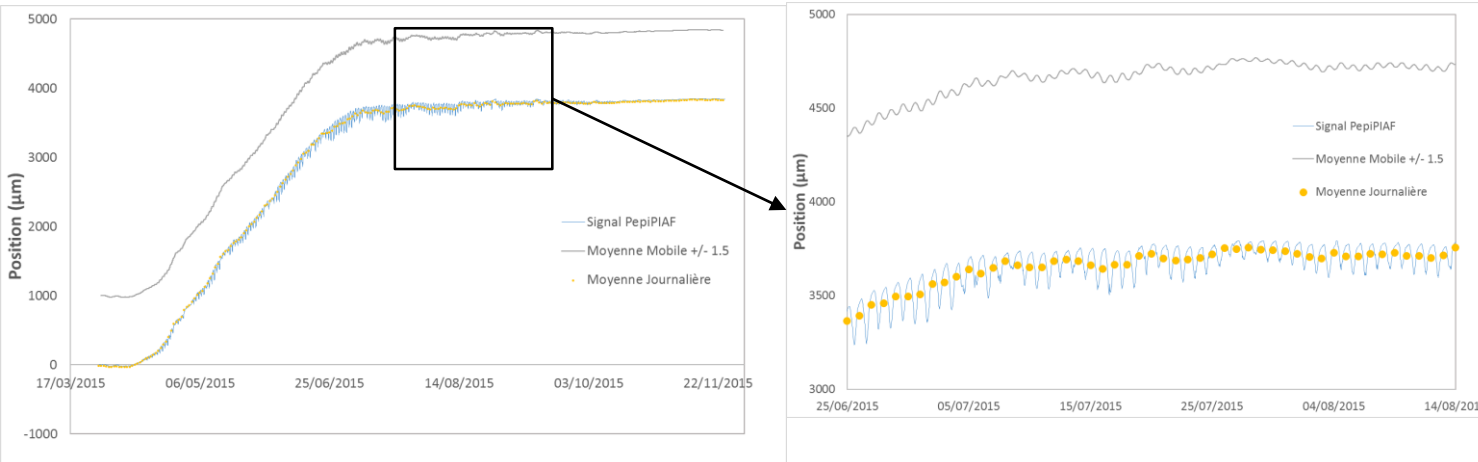
➤ Des Outils pour Gérer la Santé des Arbres en ville

- Variations de Diamètres

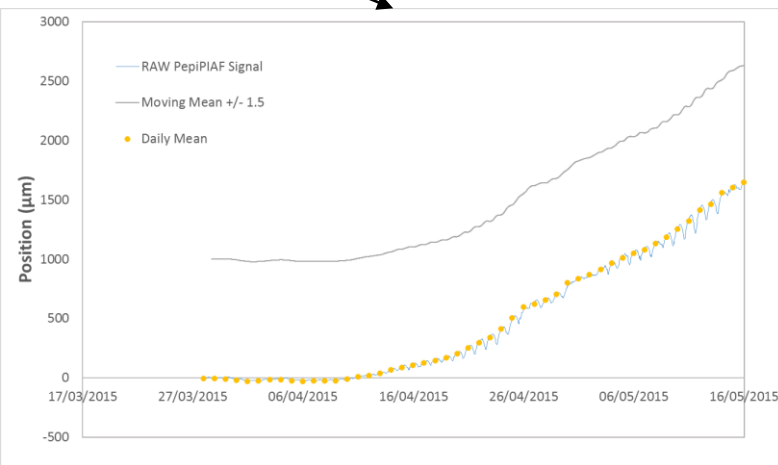
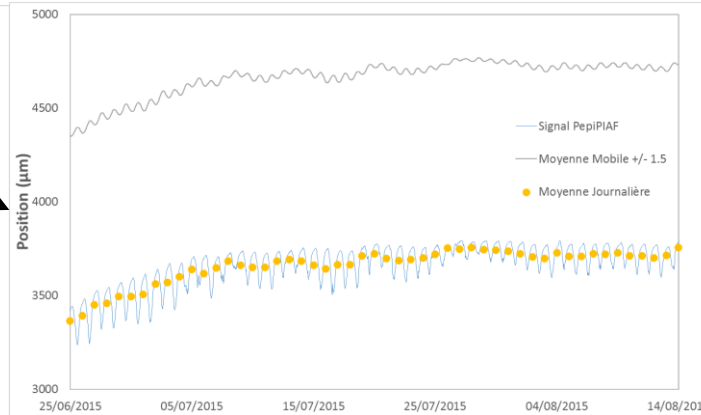
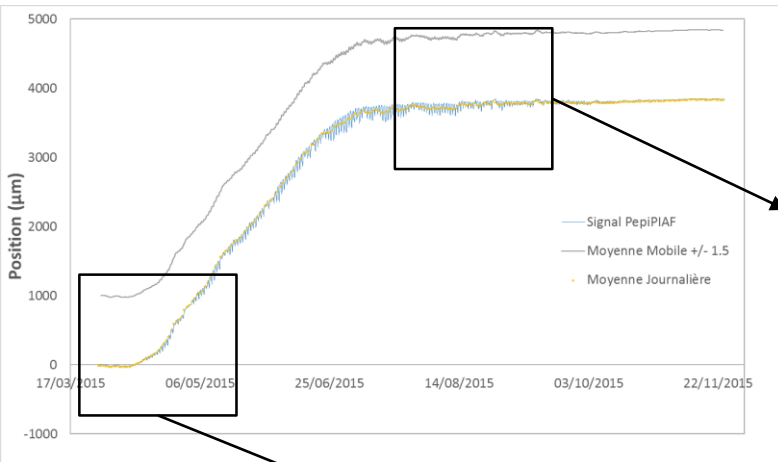
- ✓ Un intégrateur de processus:
 - ✓ **Croissance radiale**



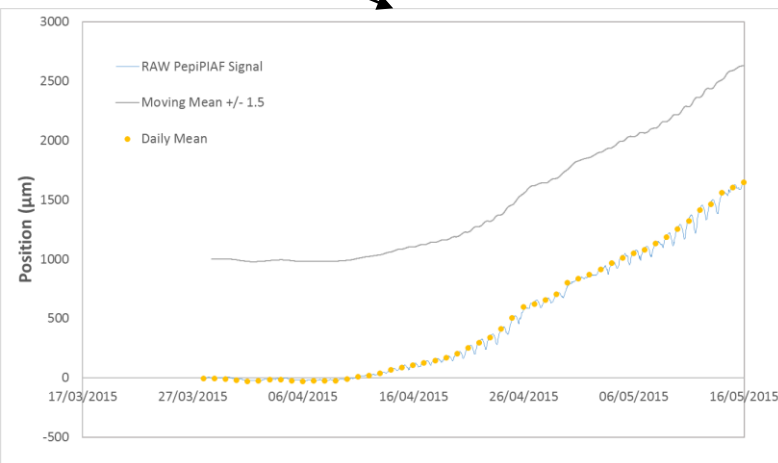
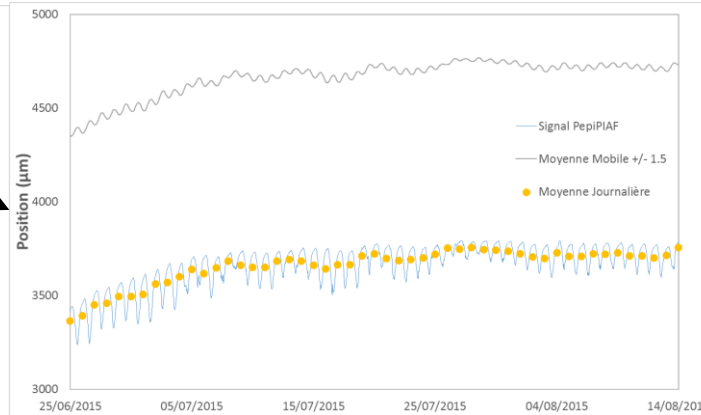
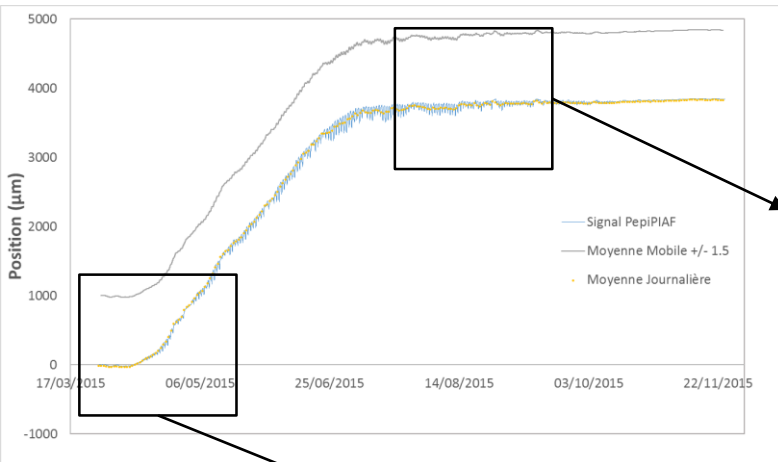
- Données temporelles (climatiques, physiologiques) sont souvent des données variant dans le temps



- Données temporelles (climatiques, physiologiques) sont souvent des données variant dans le temps



- Données temporelles (climatiques, physiologiques) sont souvent des données variant dans le temps

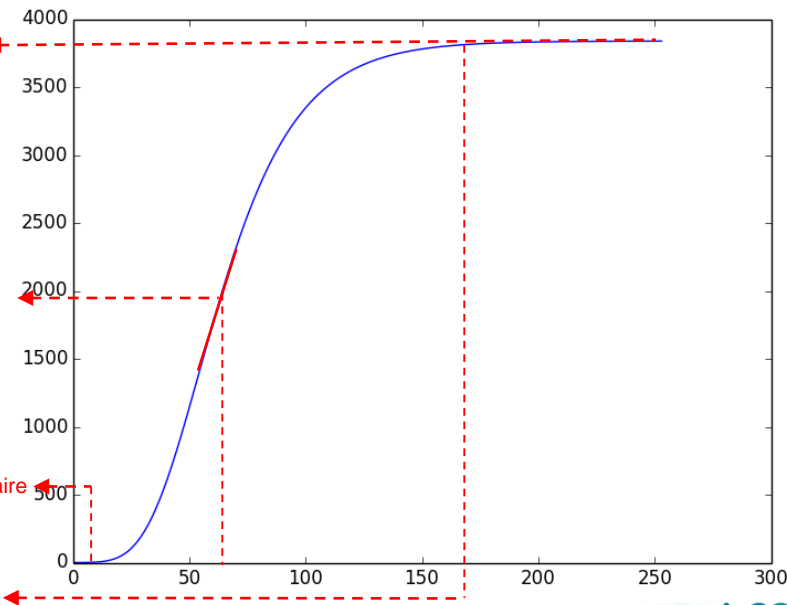


Croissance I^{aire} totale

Taux de croissance maximale (valeur + date)

Début de croissance I^{aire}

Fin de croissance I^{aire}

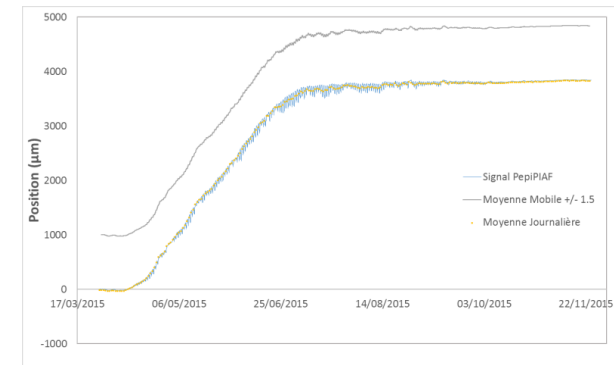
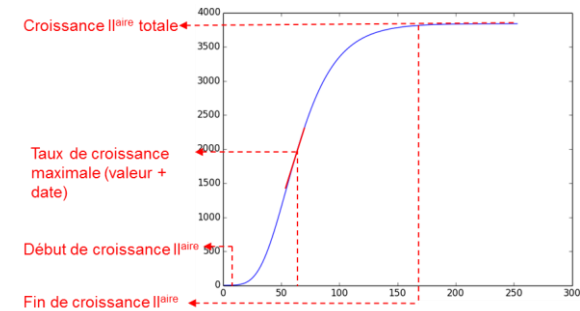


✓ Potentiellement beaucoup d'informations extractibles

- Quel niveau de confiance?
- Possibilité de traitements automatisés?

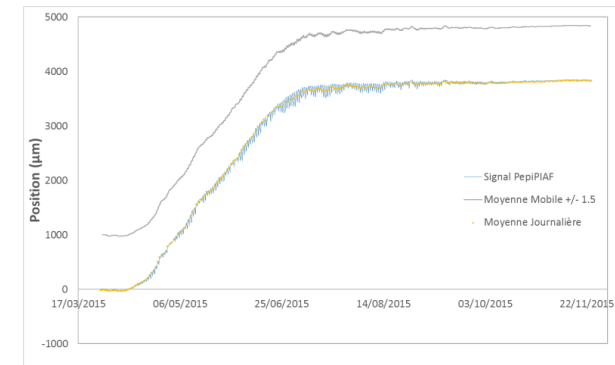
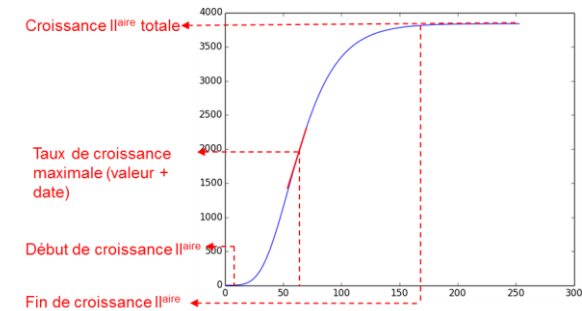
→ Comment traiter les variations temporelles?
(amplitudes, pas de temps caractéristique)

- ✓ Variation à long-terme : Moyenne
- ✓ Variation à court-terme: Fluctuation



✓ Potentiellement beaucoup d'informations extractibles

- Quel niveau de confiance?
- Possibilité de traitements automatisés?



➔ Comment traiter les variations temporelles? (amplitudes, pas de temps caractéristique)

- ✓ Variation à long-terme : Moyenne
- ✓ Variation à court-terme: Fluctuation

✓ Besoin de caractériser ces signaux:

1. Distinguer Moyenne Vs Fluctuations
2. Extraire des patrons, comme des événements périodiques

➔ Améliorer l'analyse et l'extraction des informations temporelles
➔ Décomposition du signal

L'analyse de Fourier - Bases

- Initialement développée pour analyser des fonctions périodiques, la théorie a été généralisée à des fonctions intégrables: « Toute fonction intégrable peut être décomposée en une somme de fonctions sinusoïdales » :



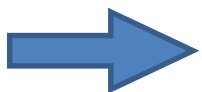
Joseph Fourier
1768 - 1830

$$f(x) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \left(a_n \cos \frac{n\pi x}{L} + b_n \sin \frac{n\pi x}{L} \right)$$

Rq: Propriété est souvent formulée à l'aide des nombres complexes:

$$f(x) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \left(c_n \exp\left(i \frac{n\pi x}{L}\right) \right)$$

$$\exp\left(i \frac{n\pi x}{L}\right) = \cos\left(\frac{n\pi x}{L}\right) + i \sin\left(\frac{n\pi x}{L}\right) \text{ où } i^2 = -1$$

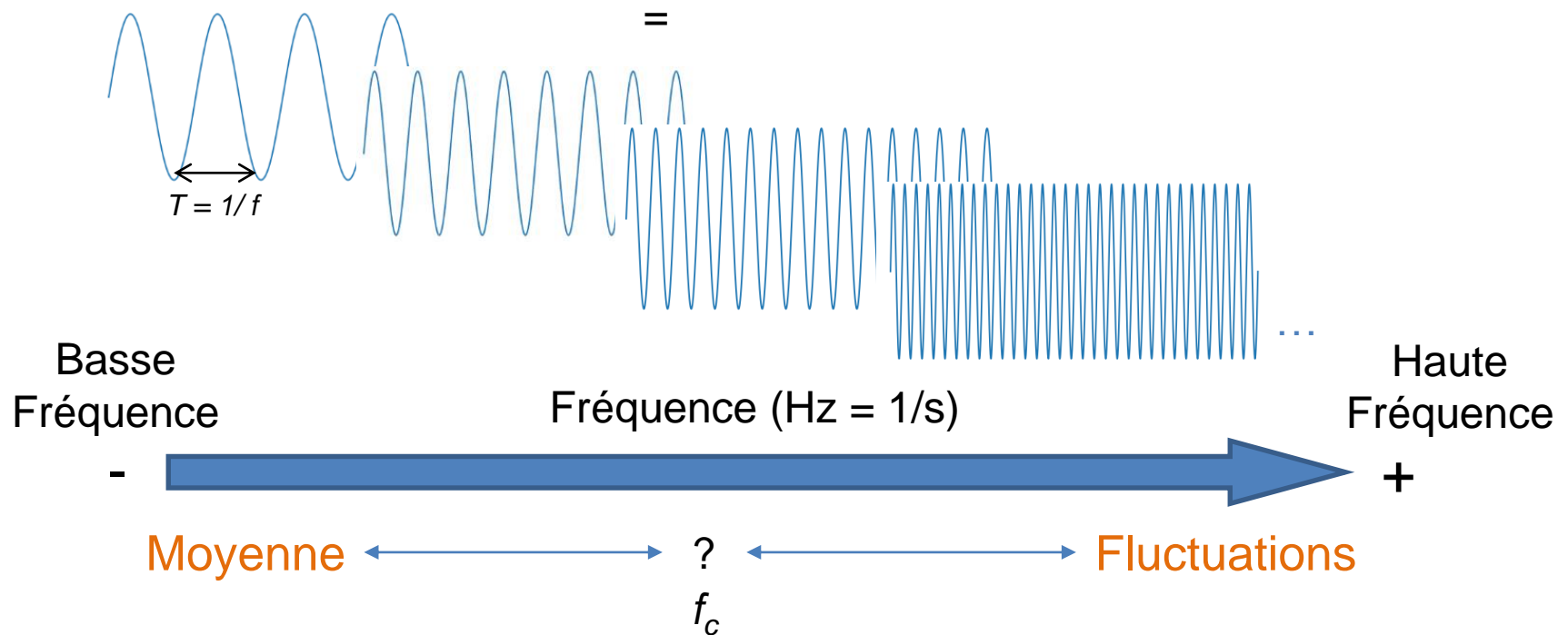
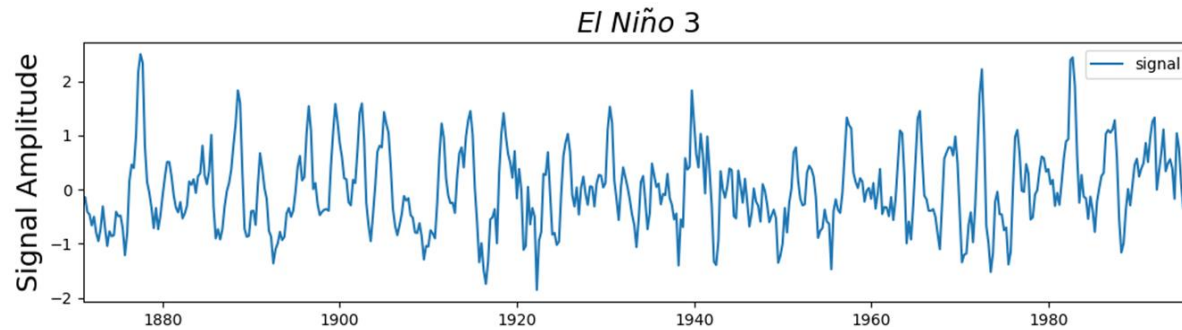


L'analyse de Fourier = trouver les coefficients a_i et b_i (ou c_i)

L'analyse de Fourier - Bases

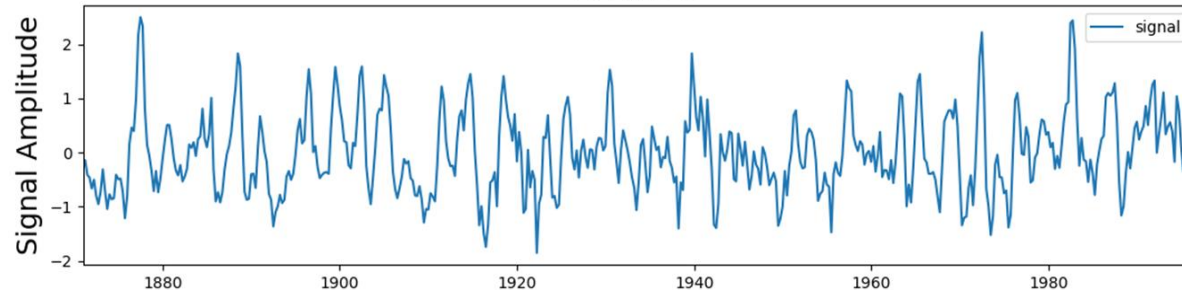


Joseph Fourier
1768 - 1830

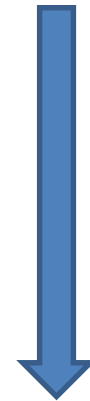


L'analyse de Fourier – En pratique : Transformée

El Niño 3

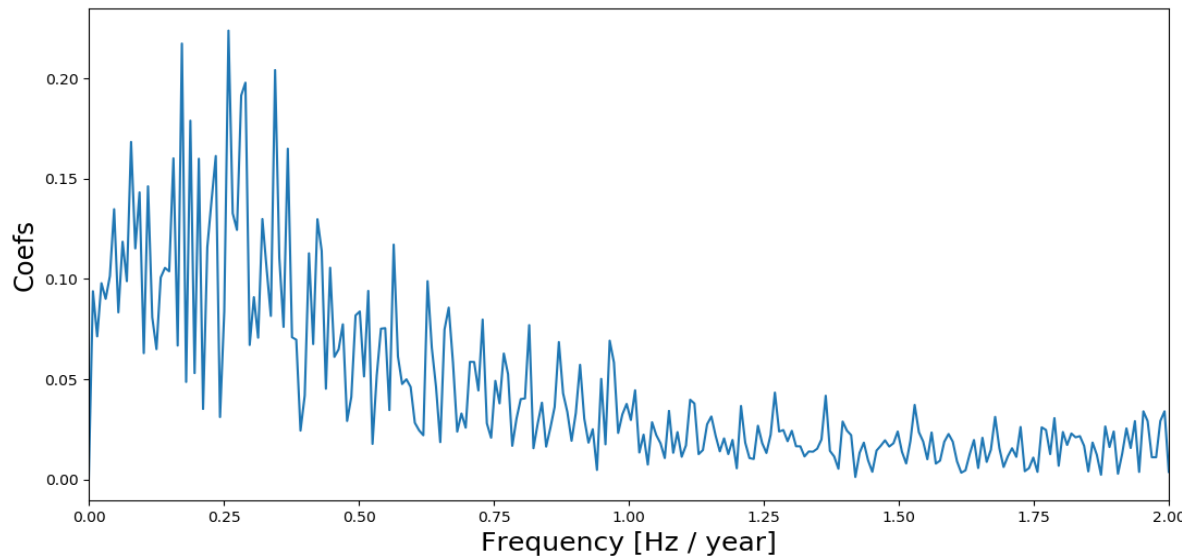


Domaine
Temporel



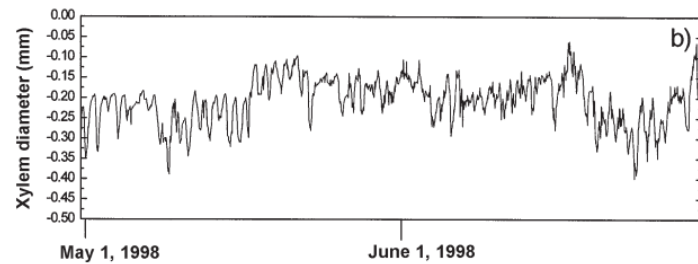
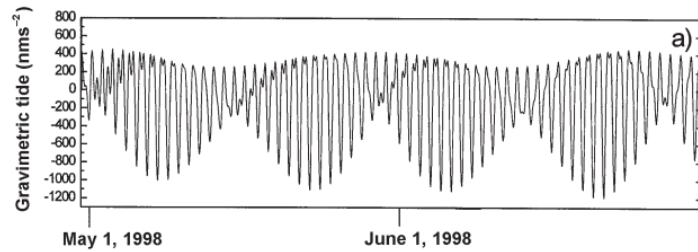
Domaine
Fréquentiel
(Espace de Fourier)

Transformée de Fourier



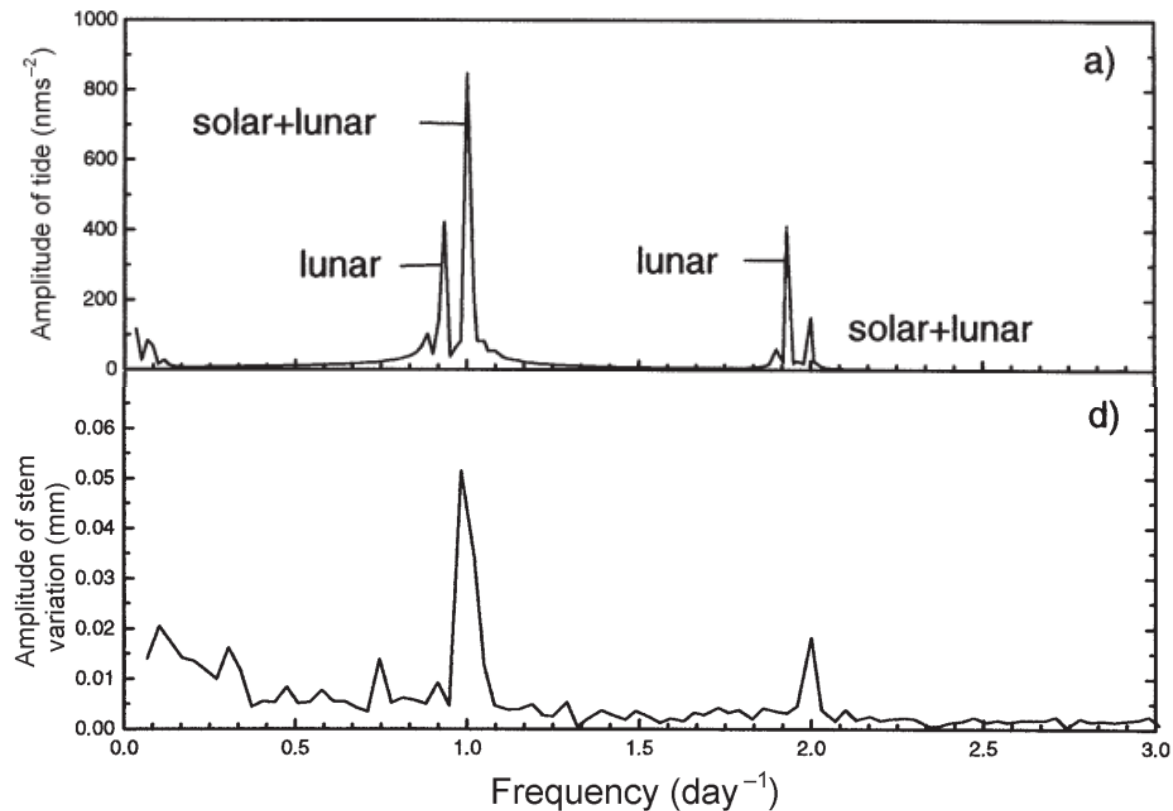
$$f(x) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \left(a_n \cos \frac{n\pi x}{L} + b_n \sin \frac{n\pi x}{L} \right)$$

L'analyse de Fourier – En pratique : Transformée



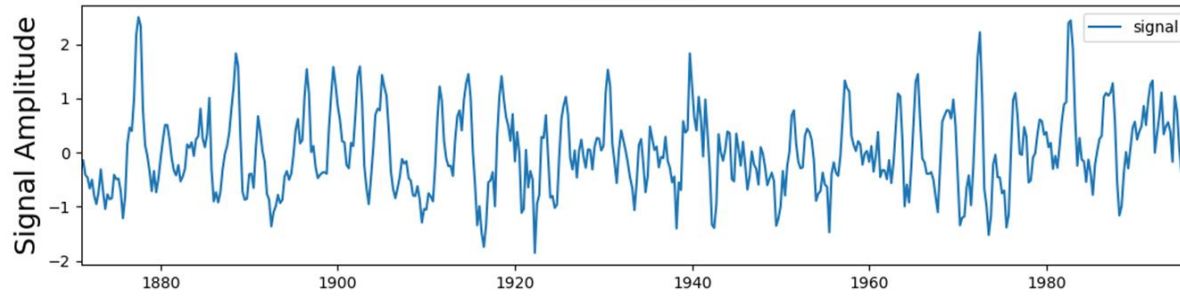
FFT

Vesala et al, 2000

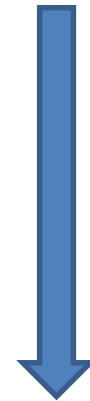


L'analyse de Fourier – En pratique : Filtre

El Niño 3

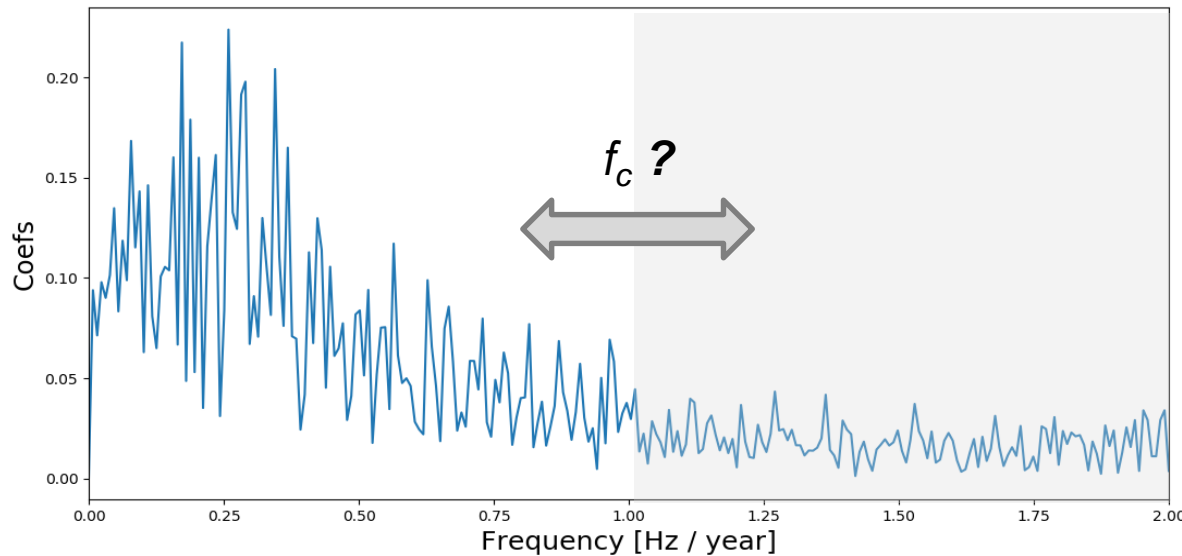


Domaine
Temporel



Domaine
Fréquentiel
(Espace de Fourier)

Transformée de Fourier



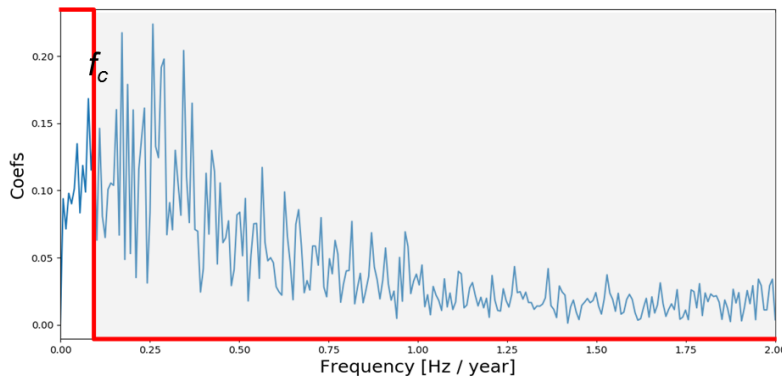
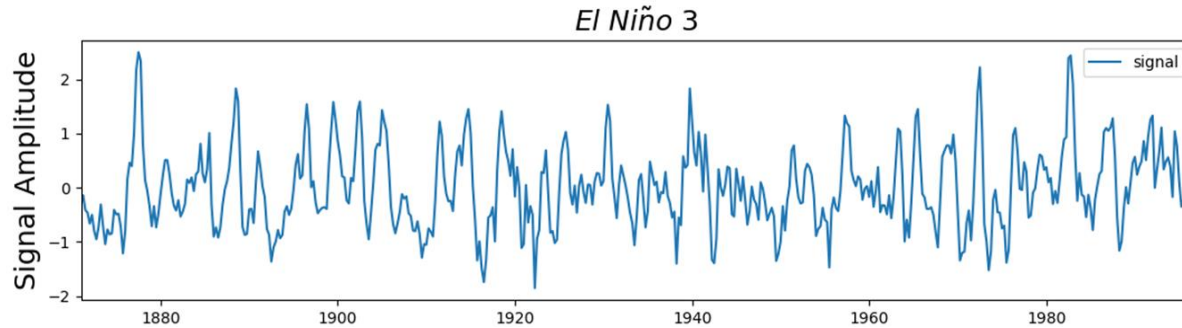
Moyenne

Fluctuations

Choix de la fréquence de coupure f_c ?

$$f(x) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \left(a_n \cos \frac{n\pi x}{L} + b_n \sin \frac{n\pi x}{L} \right)$$

L'analyse de Fourier – En pratique : Filtre



Moyenne

Fluctuations

Exemple de filtre où les périodes supérieures à 10 ans sont conservées c.a.d les fréquences inférieures à 0.1 an^{-1} :

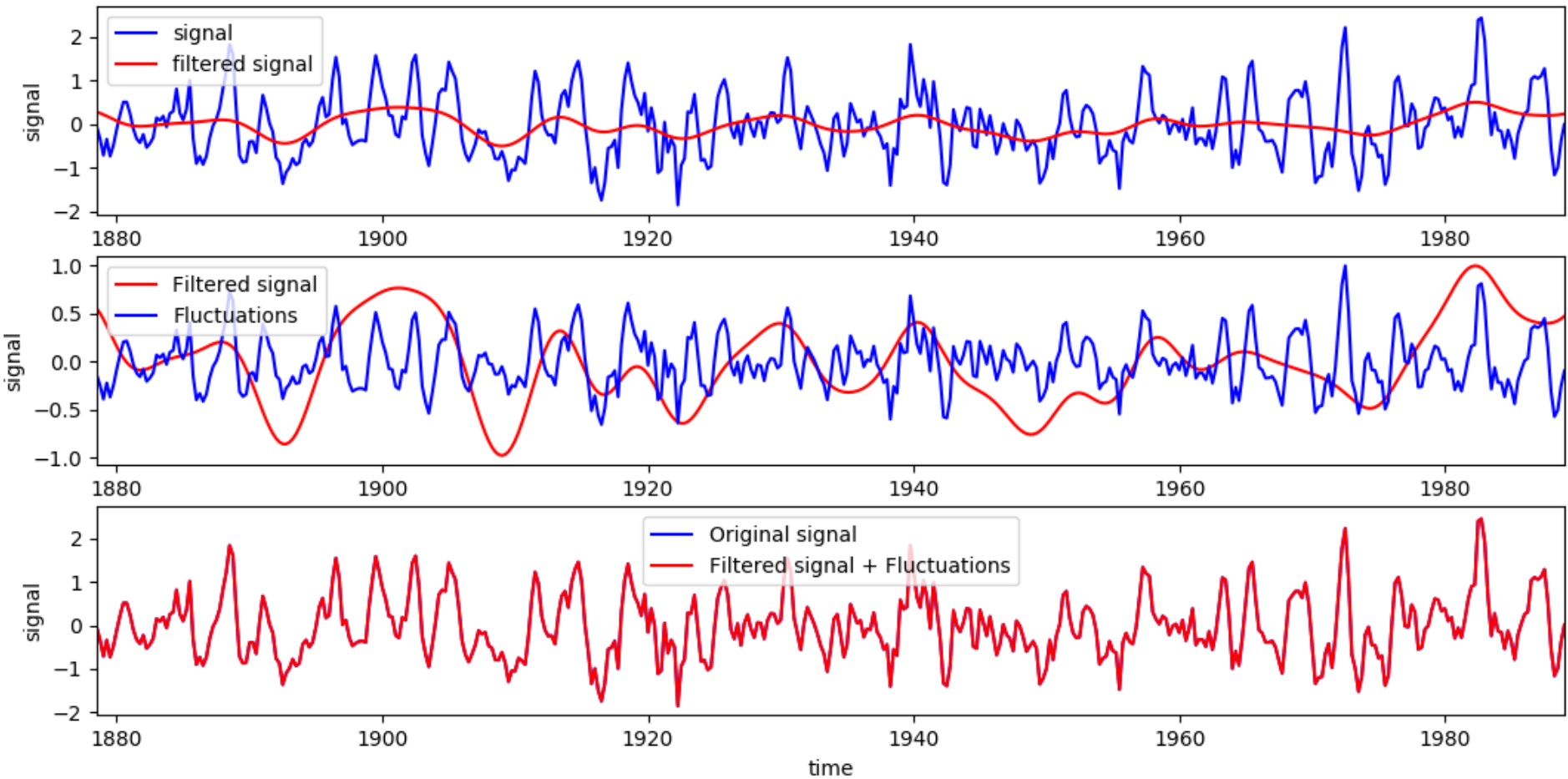
$$f_c \sim 0.1 \text{ an}^{-1} \quad (\text{rappel } f = 1/T)$$

L'analyse de Fourier – En pratique : Filtre

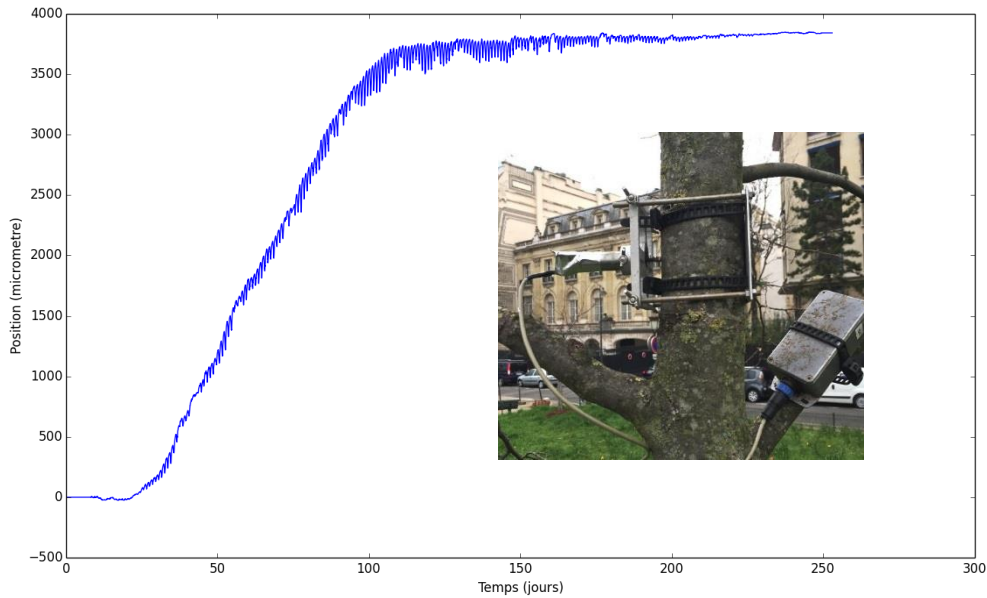


El Niño 3

Low-pass filter 10.0 year - FIR type



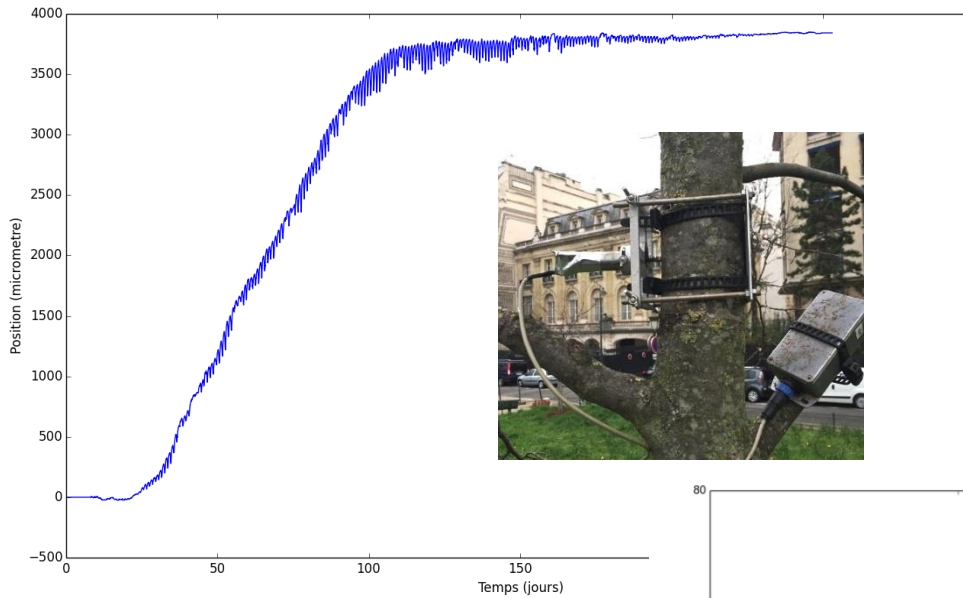
L'analyse de Fourier – En pratique : Filtre



- 1 mesure toutes les 30 min
- 28/03/2015 => 24/11/2015
- 0 valeurs manquantes

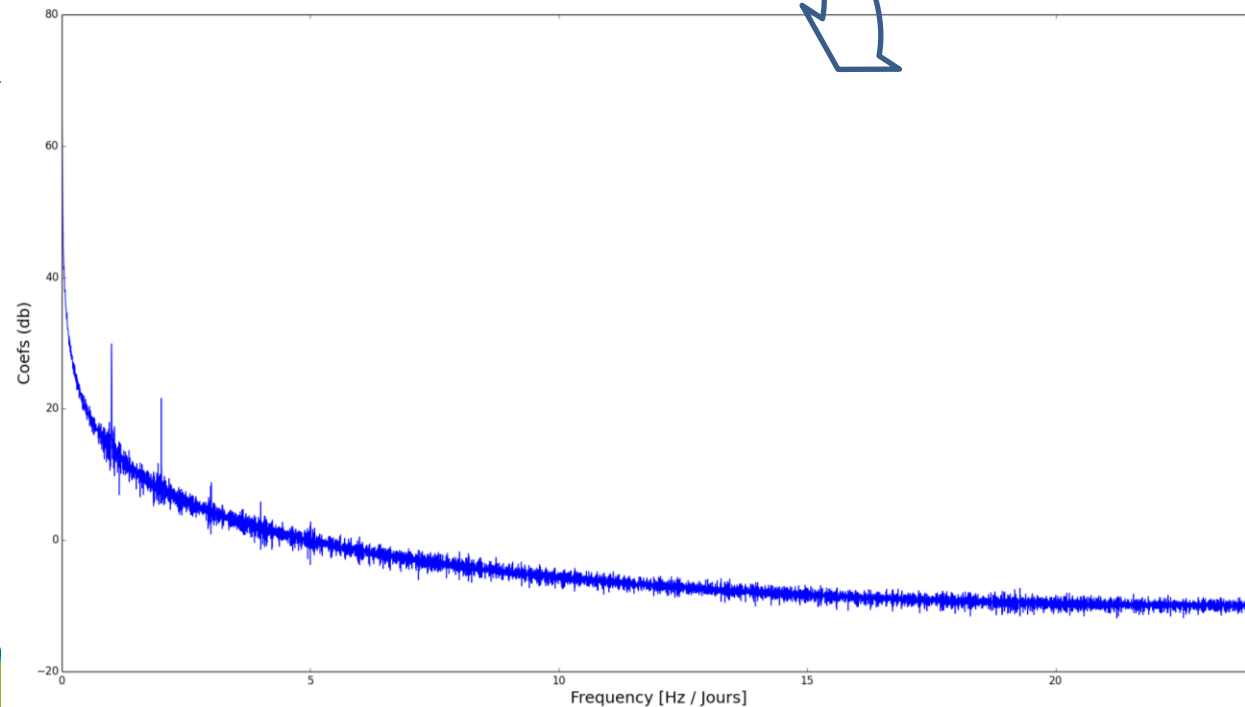
L'analyse de Fourier – En pratique : Filtre

- 1 mesure toutes les 30 min
- 28/03/2015 => 24/11/2015
- 0 valeurs manquantes

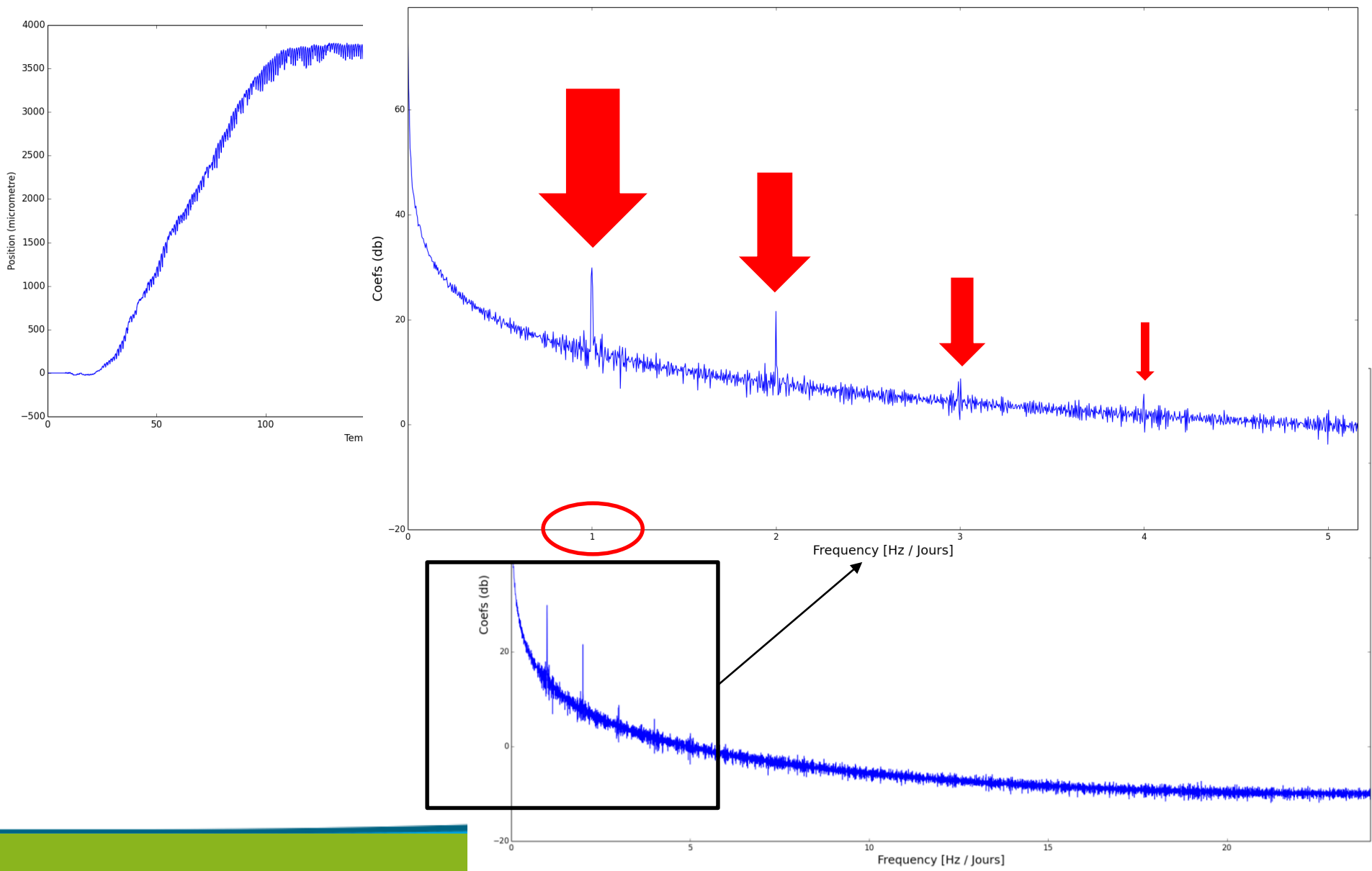


Transformée de Fourier

$$f_C = 36h$$

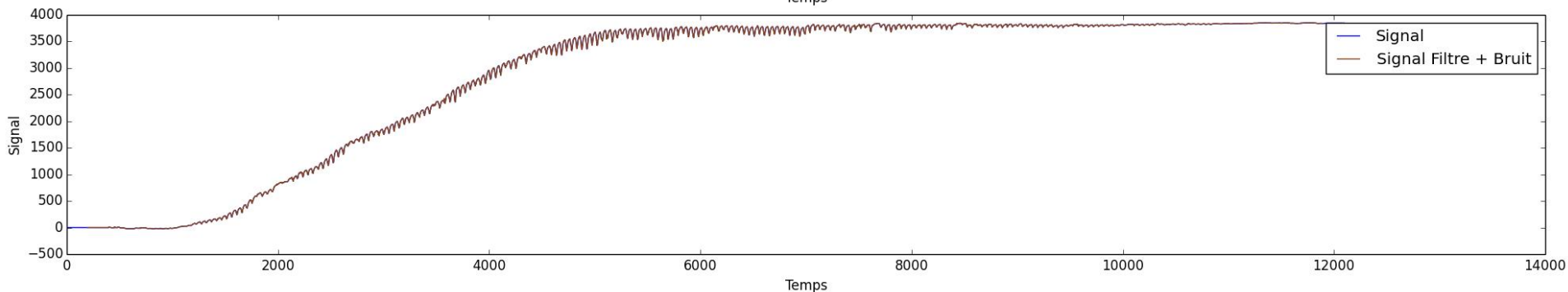
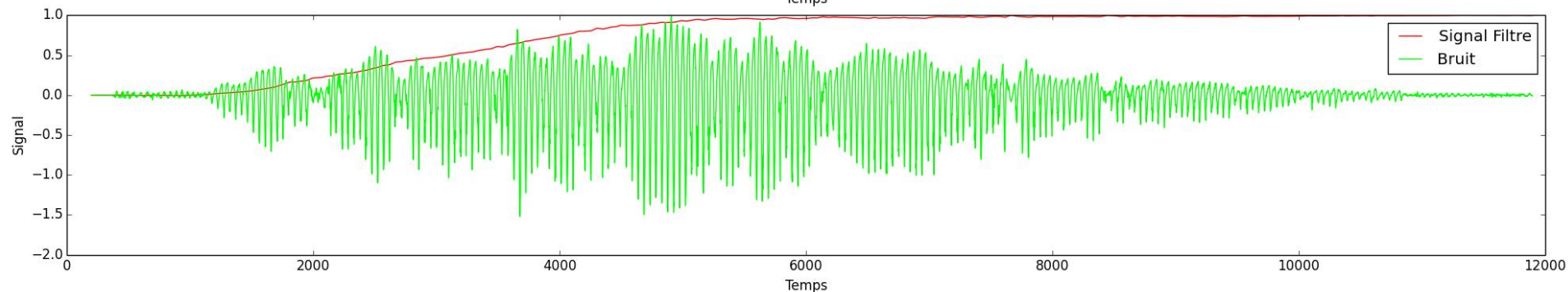
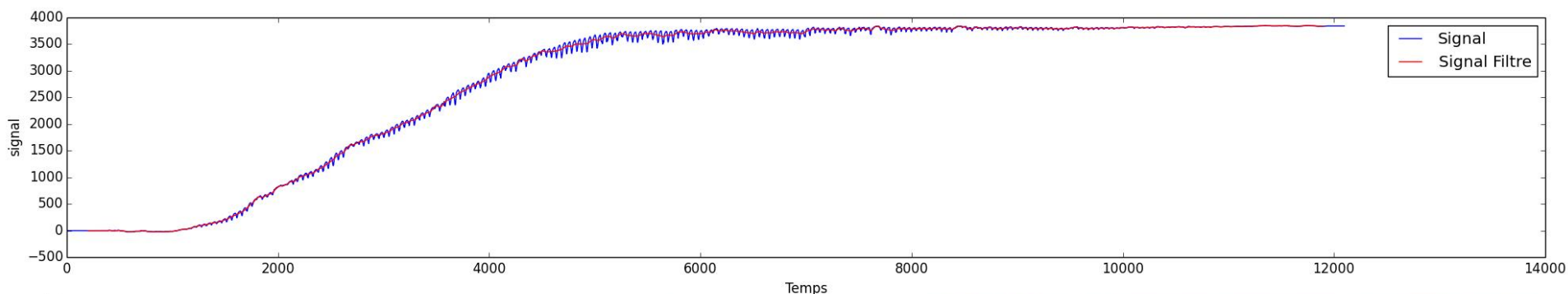


L'analyse de Fourier – En pratique : Filtre

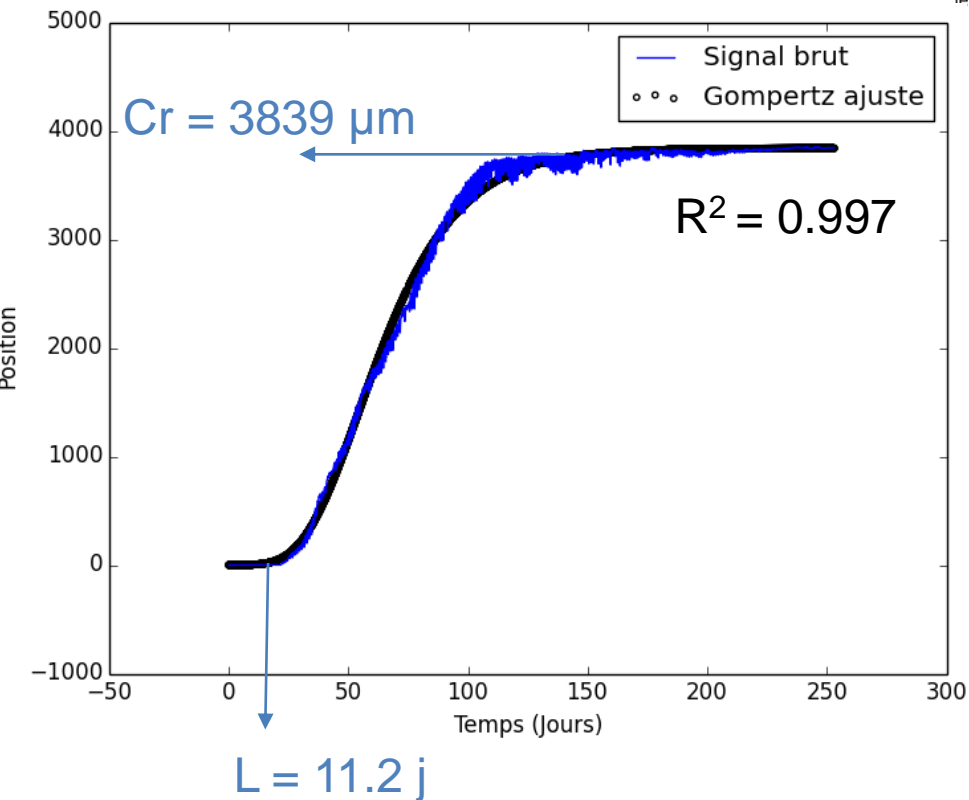
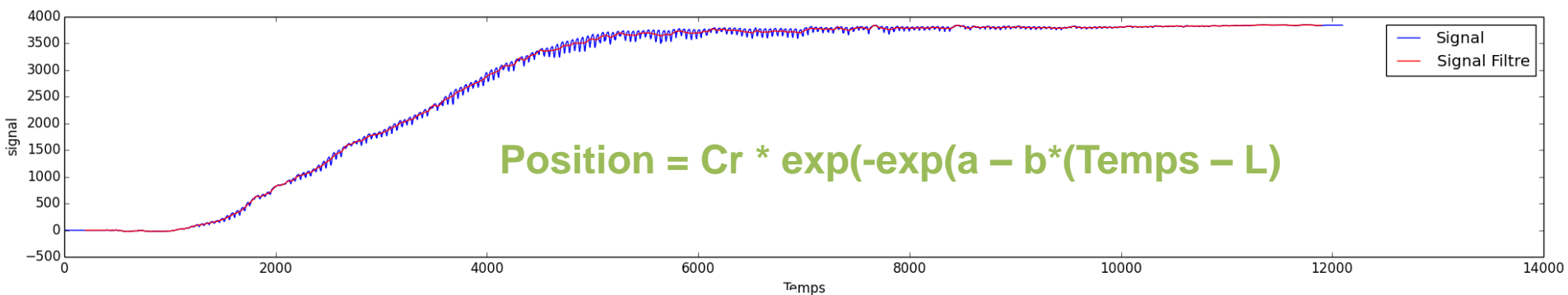


L'analyse de Fourier – En pratique : Filtre

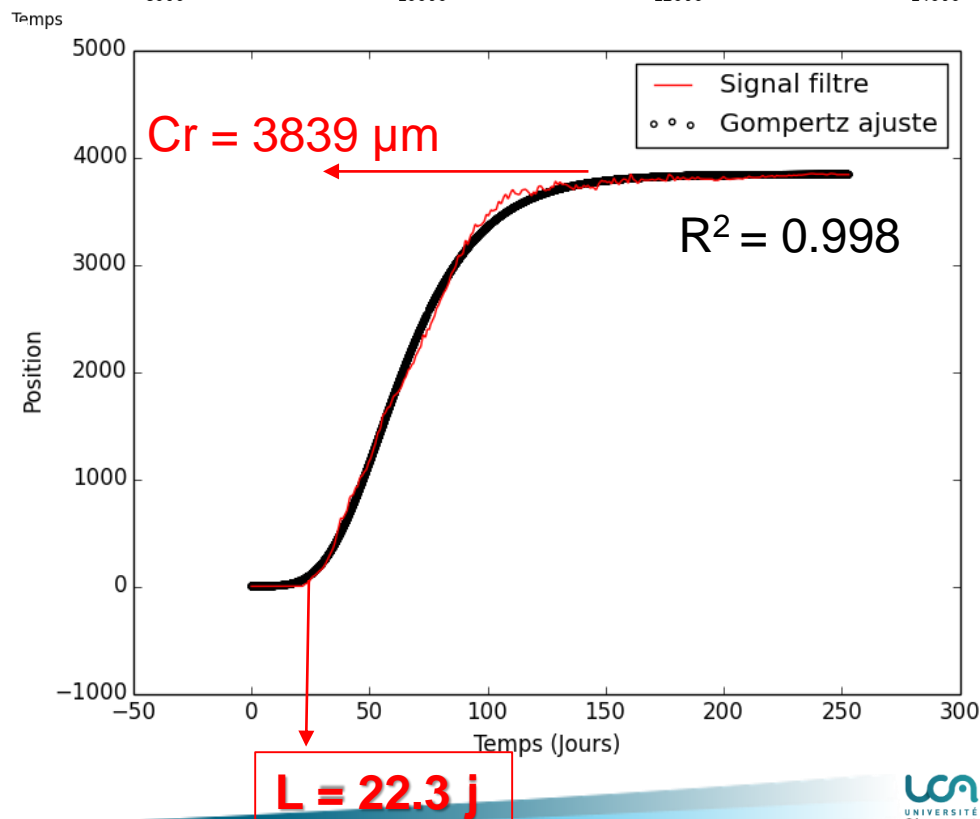
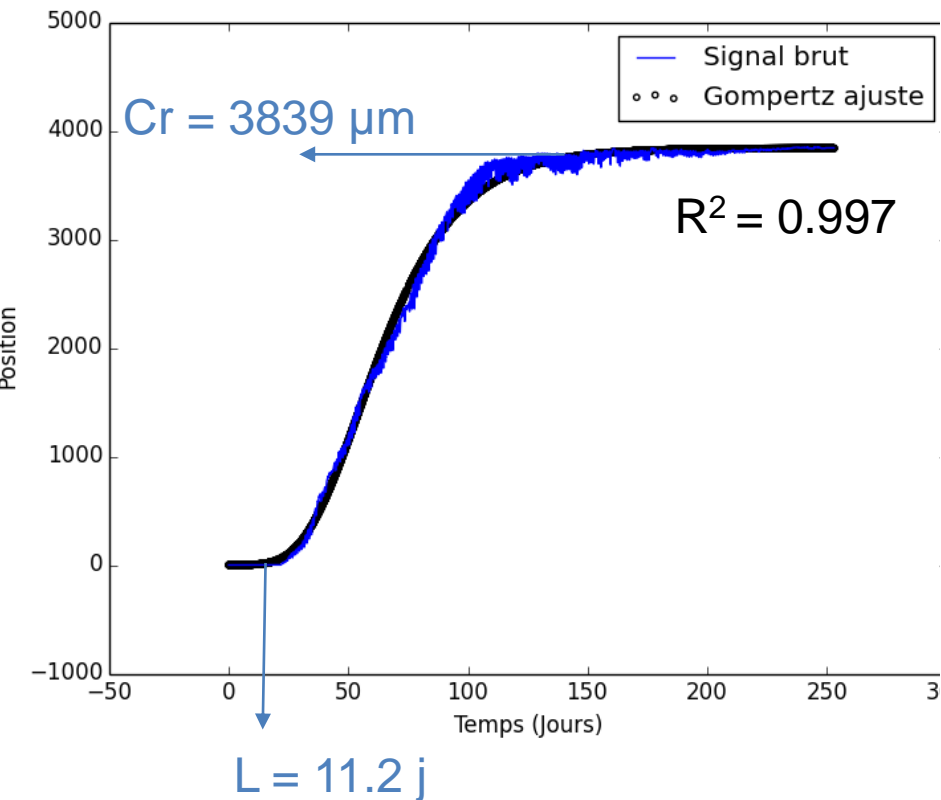
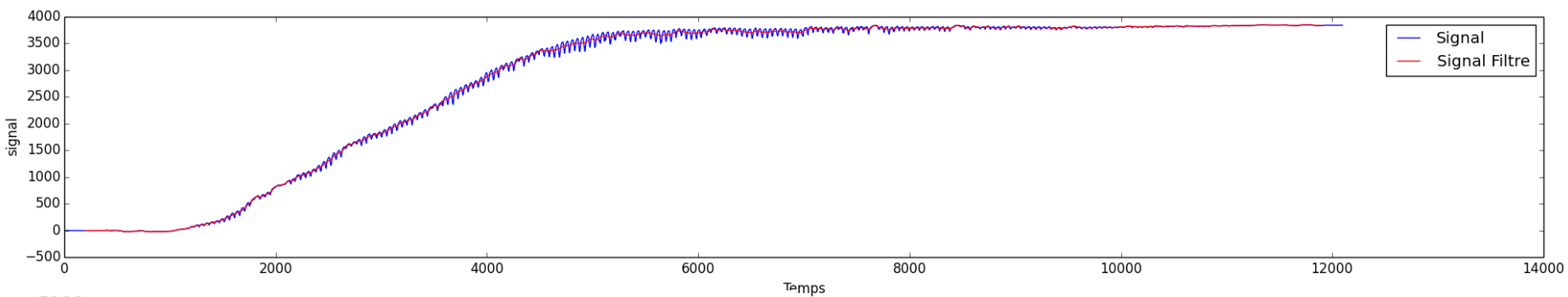
- Reconstruction des signaux (moyenne et fluctuation/bruit) par la transformée inverse



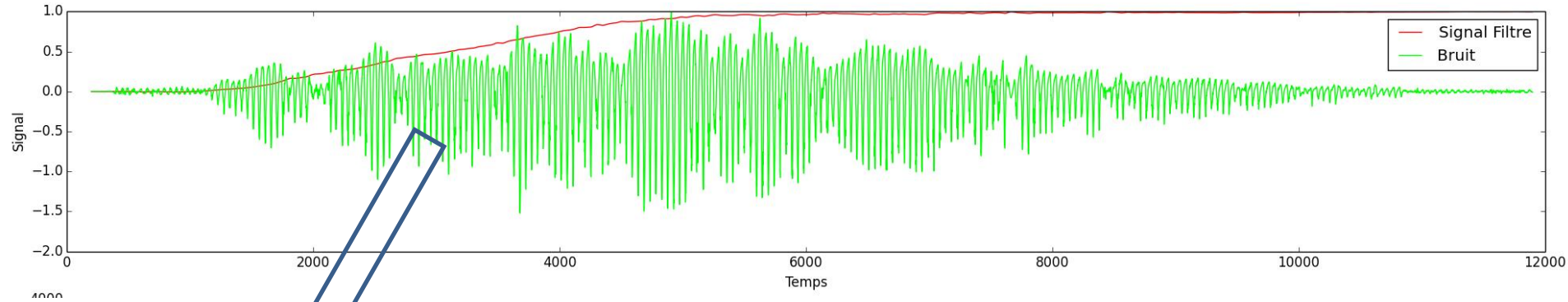
L'analyse de Fourier – En pratique : Filtre



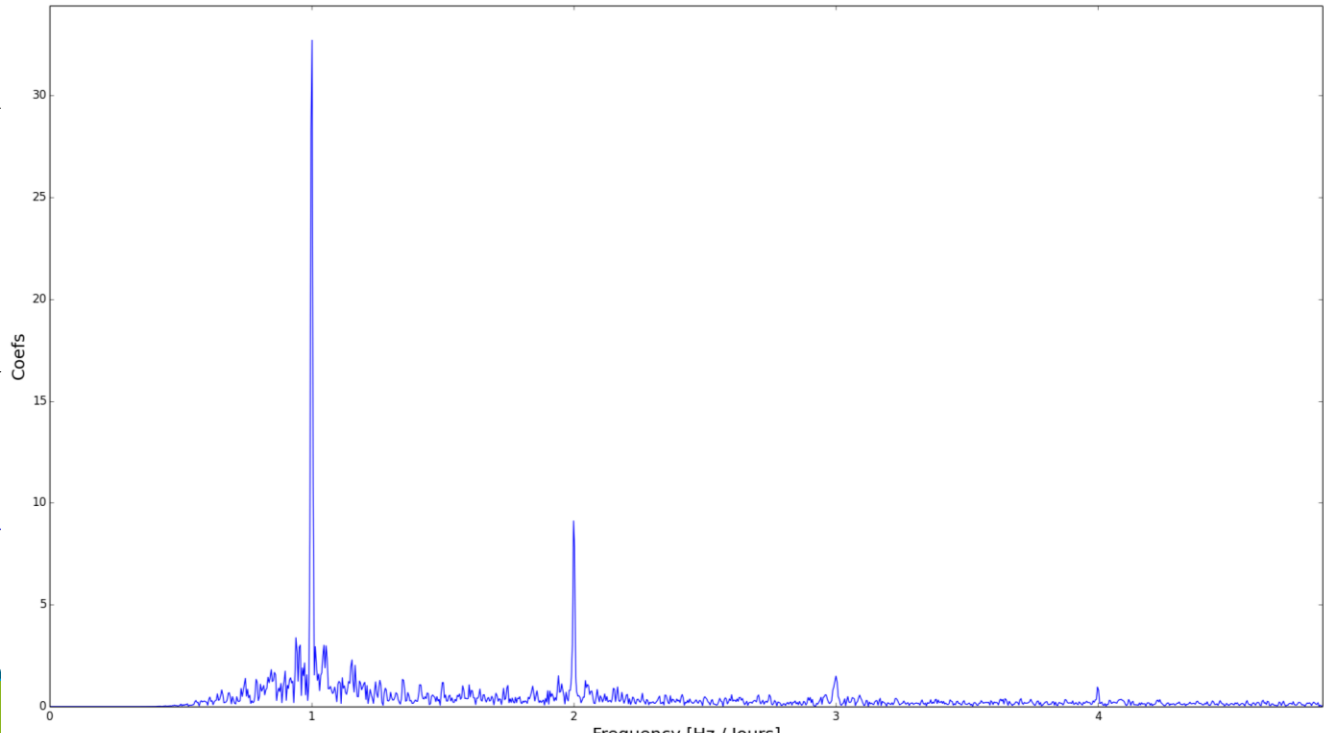
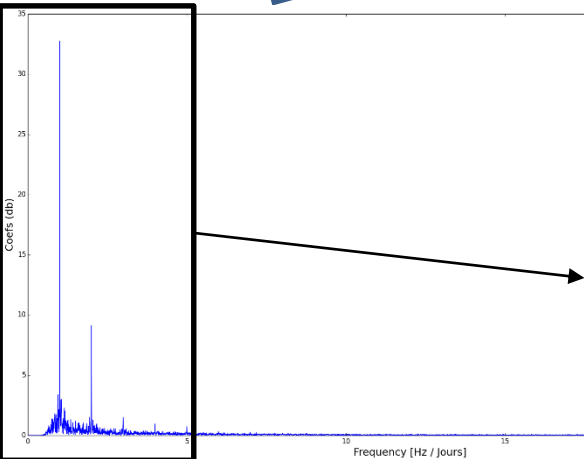
L'analyse de Fourier – En pratique : Filtre



L'analyse de Fourier – En pratique : Filtre



Transformée de Fourier



Des Outils pour Gérer la Santé des Arbres en ville

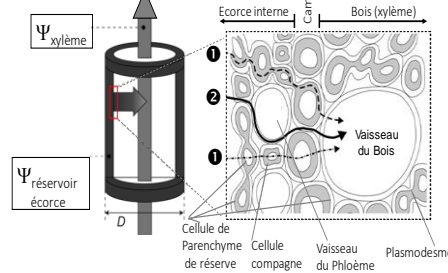
- Variations de Diamètres



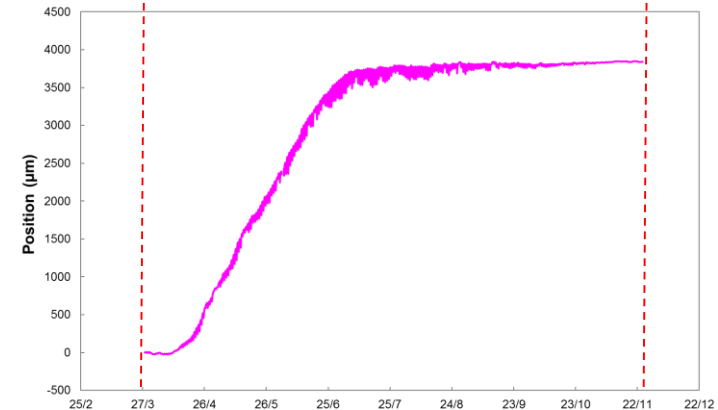
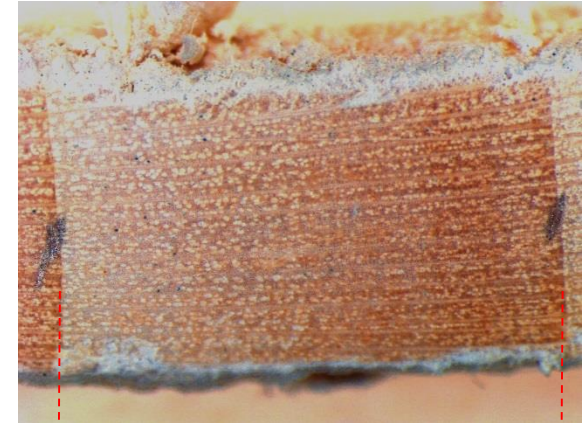
- Un intégrateur de processus:
 - Croissance radiale
 - Flux hydrique



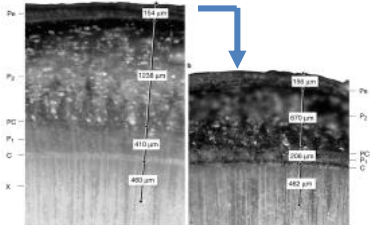
Flux d'eau transpiré



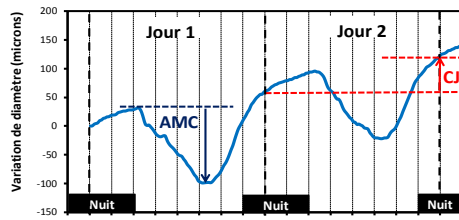
- 1 Voie Intra-cellulaire (symplème) ou trans-cellulaire
- 2 Voie extérieure aux cellules (apoplasme)



AMC



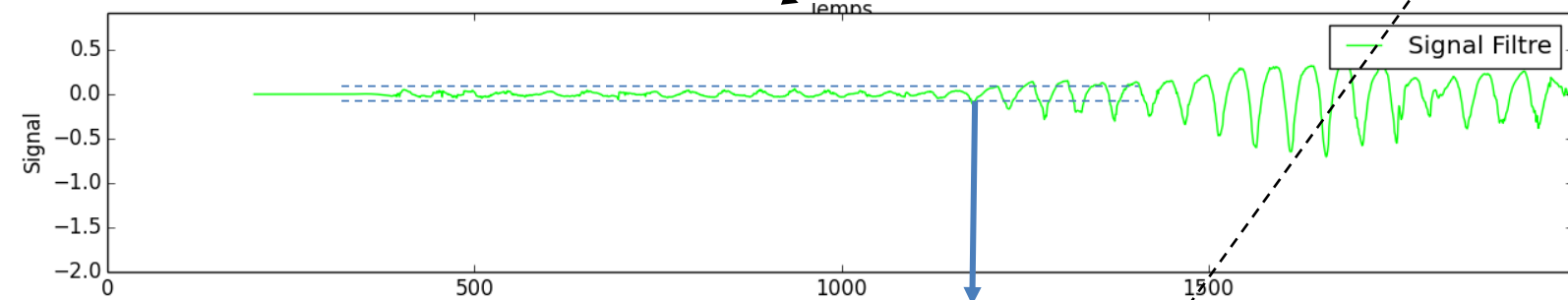
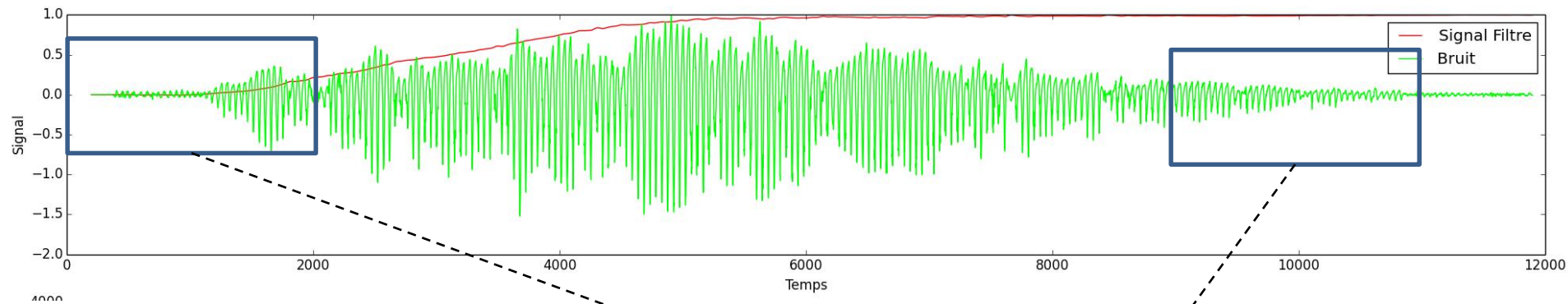
Zweifel et al. 2000



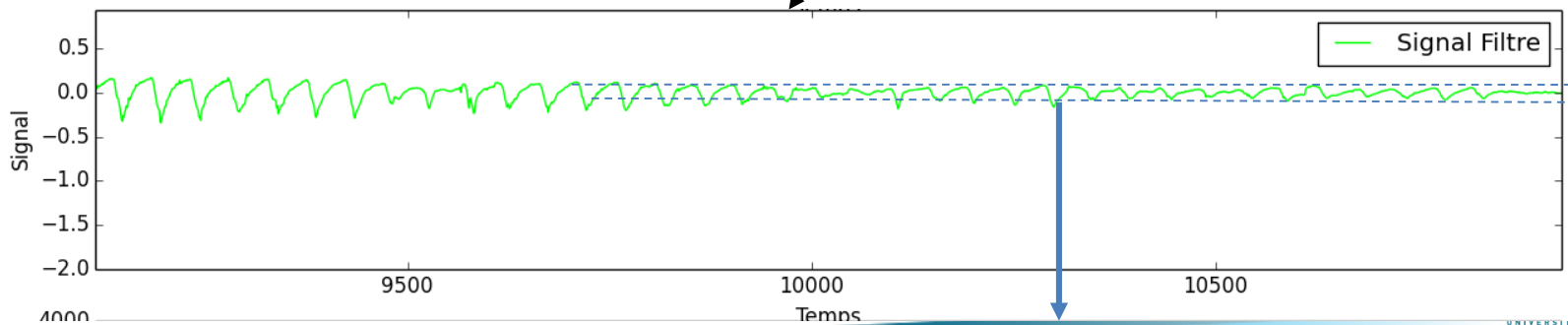
AMC : Amplitude maximale de contraction
 ≈ niveau de contrainte hydrique
 CJ : Croissance apparente Journalière
 ≈ activité de photosynthèse

→ Fort lien avec le développement foliaire
 → Indicateurs temporelles du LAI

L'analyse de Fourier – En pratique : Filtre



Débourrement « fonctionnel »



Sénescence « fonctionnelle »

L'analyse de Fourier – En pratique : Filtre

Débourrement « fonctionnel »

Sénescence « fonctionnelle »

- A déterminer de façon plus systématique
- A valider avec mesures de flux de sève
- ➔ Corrélations entre spectres LVDT / Flux de sèves
- ➔ Utilisations d'autres méthodes (décomposition en ondelettes)

FFT :

+++ Choix de la fréquence de coupure

+++ Intuitif

- - - Signaux longs en temps i.e. échantillonnage important

- Bibliothèques disponibles sous Python, etc...
- Dans la pratique:
 - FFT -> filtrage (suivant signaux)
 - Ondelettes -> filtrage et corrélations temporelles

FFT :

+++ Choix de la fréquence de coupure

+++ Intuitif

--- Signaux longs en temps i.e. échantillonnage important

- Bibliothèques disponibles sous Python, etc...
- Dans la pratique:
 - FFT -> filtrage (suivant signaux)
 - Ondelettes -> filtrage et corrélations temporelles

LVDT :

+++ Non-invasif

+++ Traitement automatisable

+ - Intégrateur de processus (à détricoter)

--- Variabilité spatiale (intra-inter-individu)

- Explorations du cycle annuel (polycyclisme, événements gélive)
- Co-variation(s) avec facteurs environnementaux

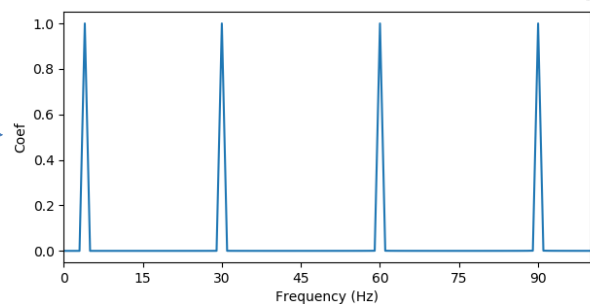
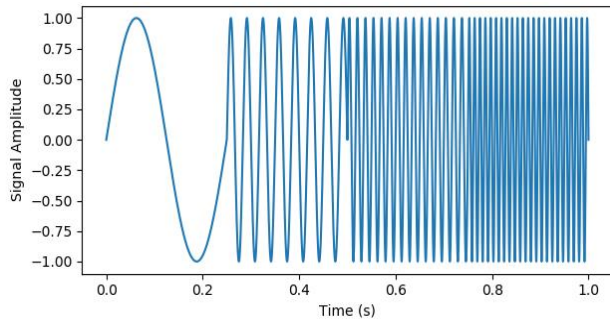
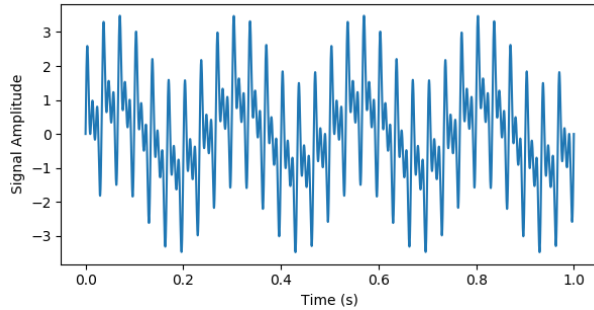
MERCI DE VOTRE ATTENTION!

L'analyse de Fourier – Des limites

Séries temporelles composées de 4 fréquences: 4, 30, 60, 90 Hz



Joseph Fourier
1768 - 1830



Impossible de distinguer les 2 séries dans le domaine fréquentiel

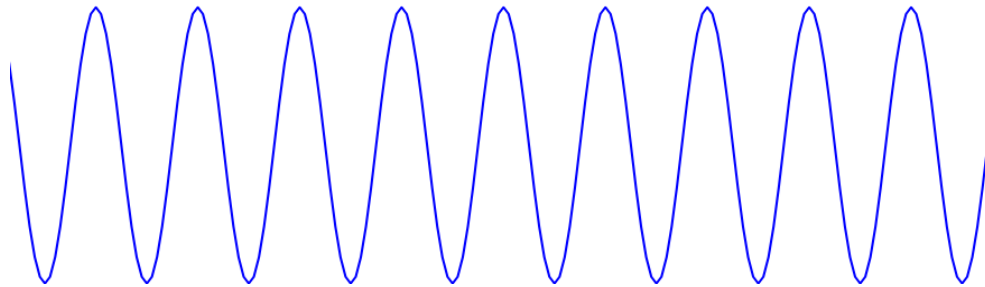


- L'analyse de Fourier nous renseigne sur les fréquences présentes mais **ne nous renseigne pas sur l'occurrence de ces fréquences dans le temps.**
- Solution a été d'utiliser des fonctions de base « compactes » au lieu de fonction de base sinusoïdales à support « infini ».

Analyse en ondelettes - Bases

Globalement la théorie est la même que l'analyse de Fourier mais les fonctions de base utilisées pour la décomposition du signal sont différentes

Fonction de base – Analyse Fourier



Fonction de base – Analyse Ondelettes



Alfred Haar
1885 - 1933



Jean Morlet
1931 - 2000

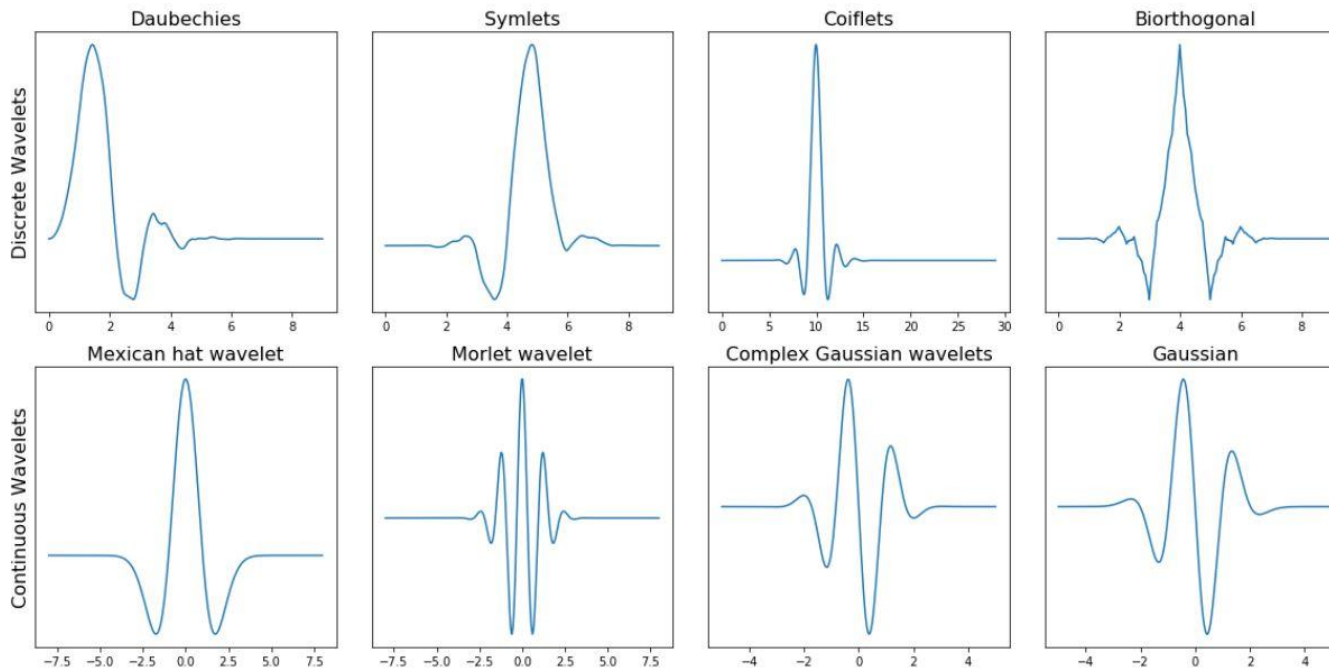


Alex. J. Grossmann
1930 - 2019

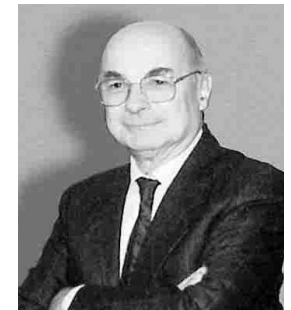
Analyse en ondelettes - Bases

Globalement la théorie est la même que l'analyse de Fourier mais les fonctions de base utilisées pour la décomposition du signal sont différentes

Fonction de base – Analyse Ondelettes



Alfred Haar
1885 - 1933



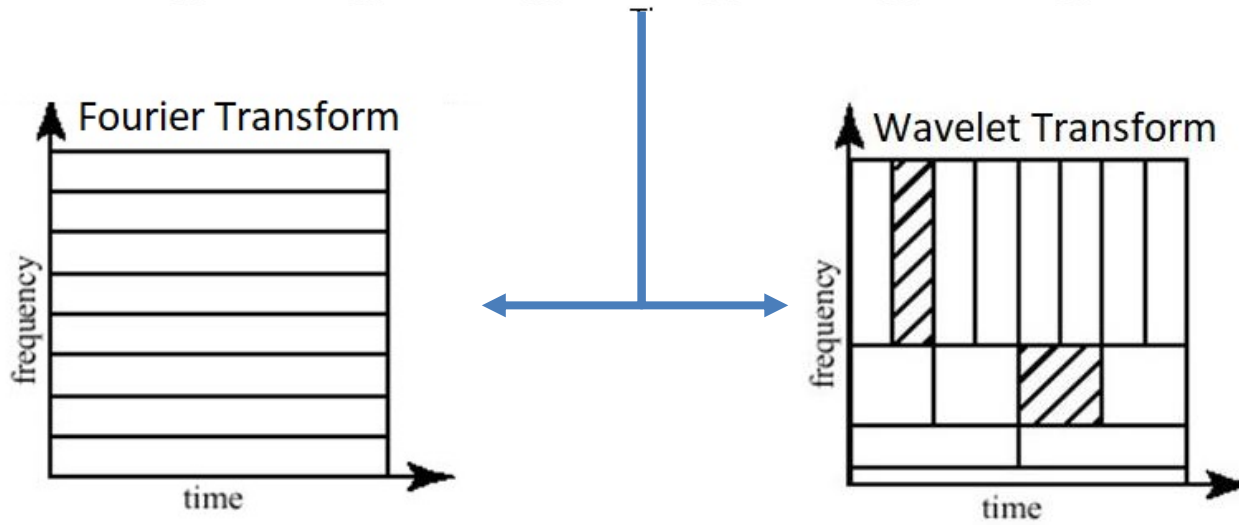
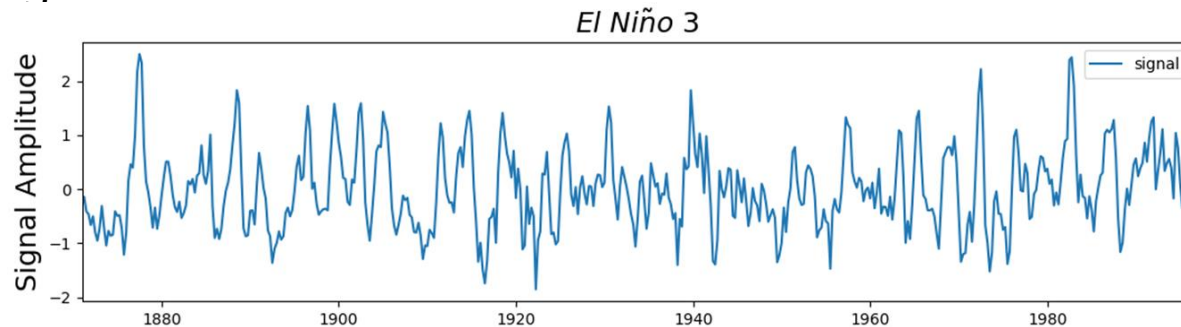
Jean Morlet
1931 - 2000



Alex. J. Grossmann
1930 - 2019

Analyse en ondelettes - Bases

Globalement la théorie est la même que l'analyse de Fourier mais les fonctions de base utilisées pour la décomposition du signal sont différentes



Alfred Haar
1885 - 1933

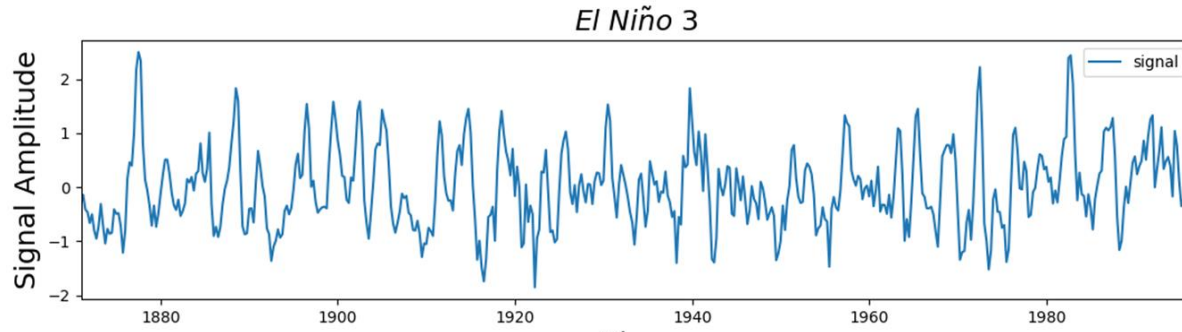


Jean Morlet
1931 - 2000



Alex. J. Grossmann
1930 - 2019

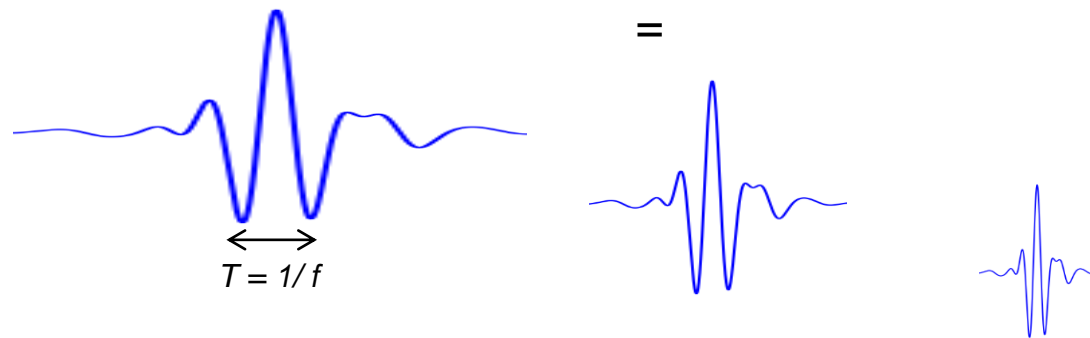
Analyse en ondelettes – En pratique



Alfred Haar
1885 - 1933



Jean Morlet
1931 - 2000



Basse
Fréquence

Fréquence (Hz = 1/s)

Haute
Fréquence

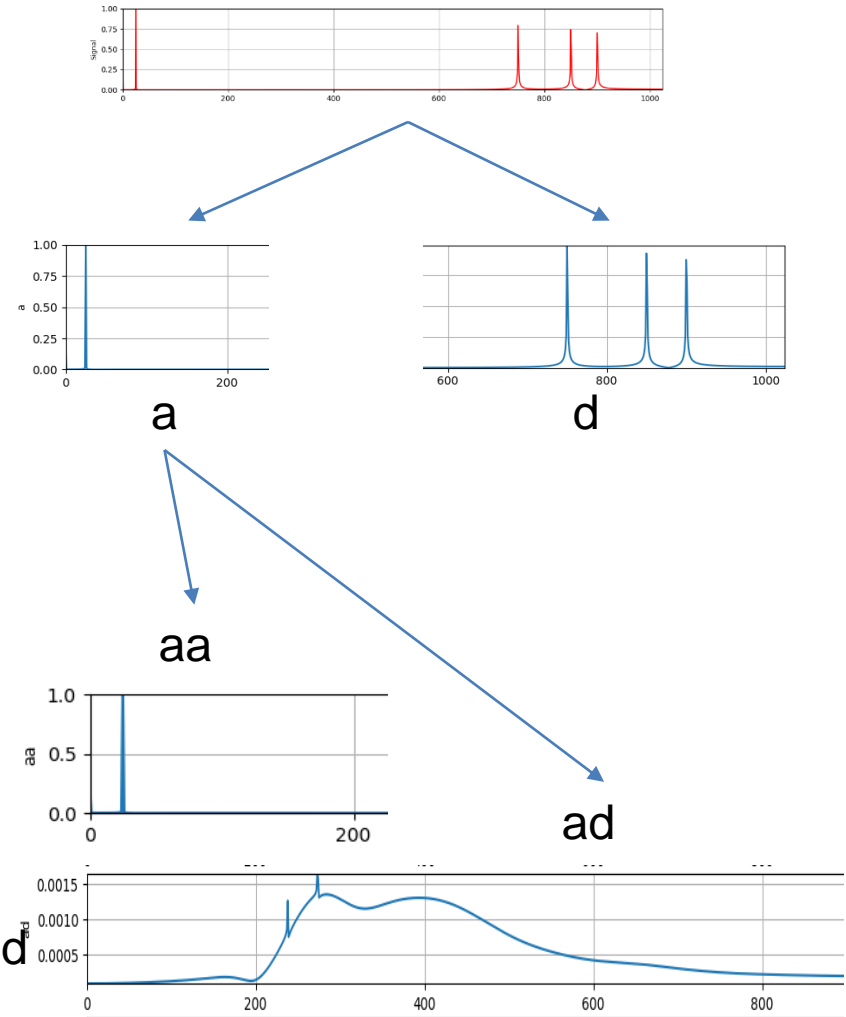
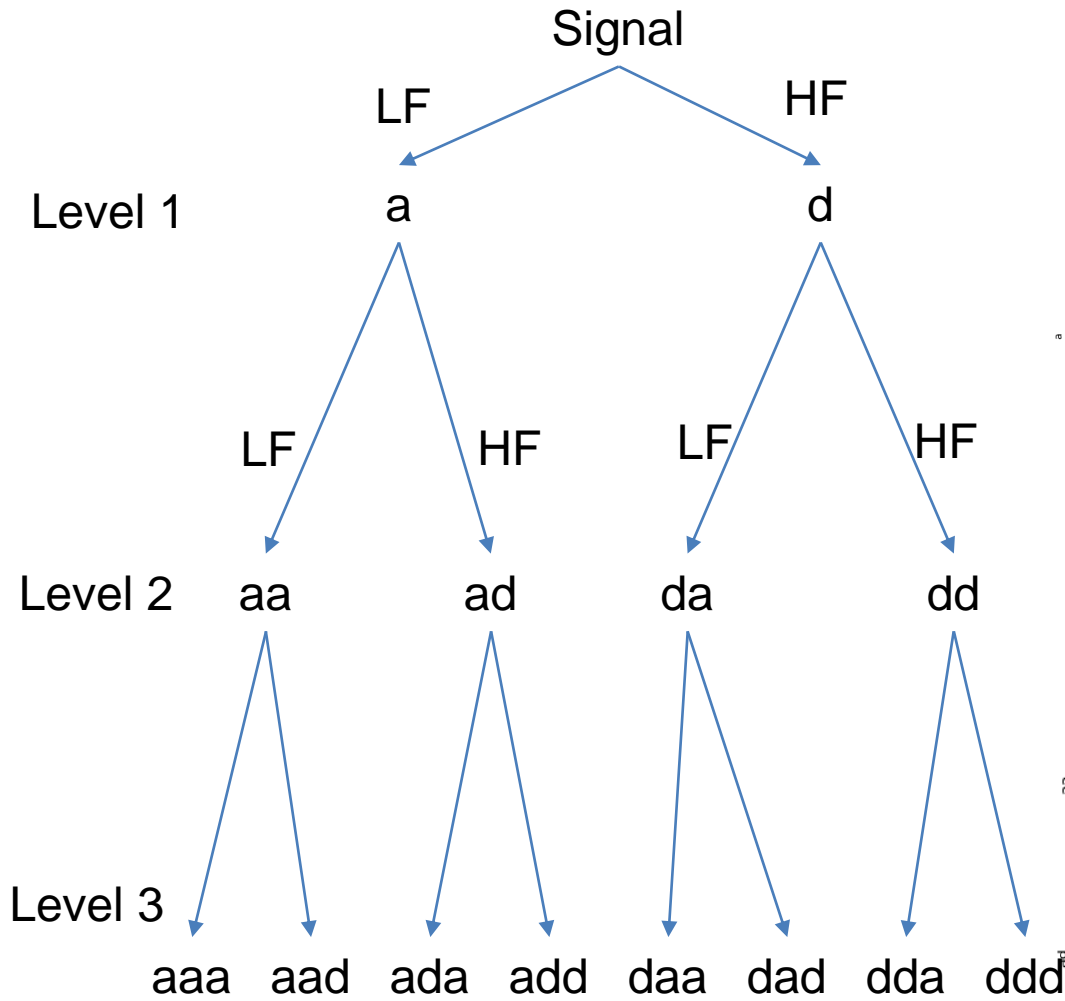


Moyenne

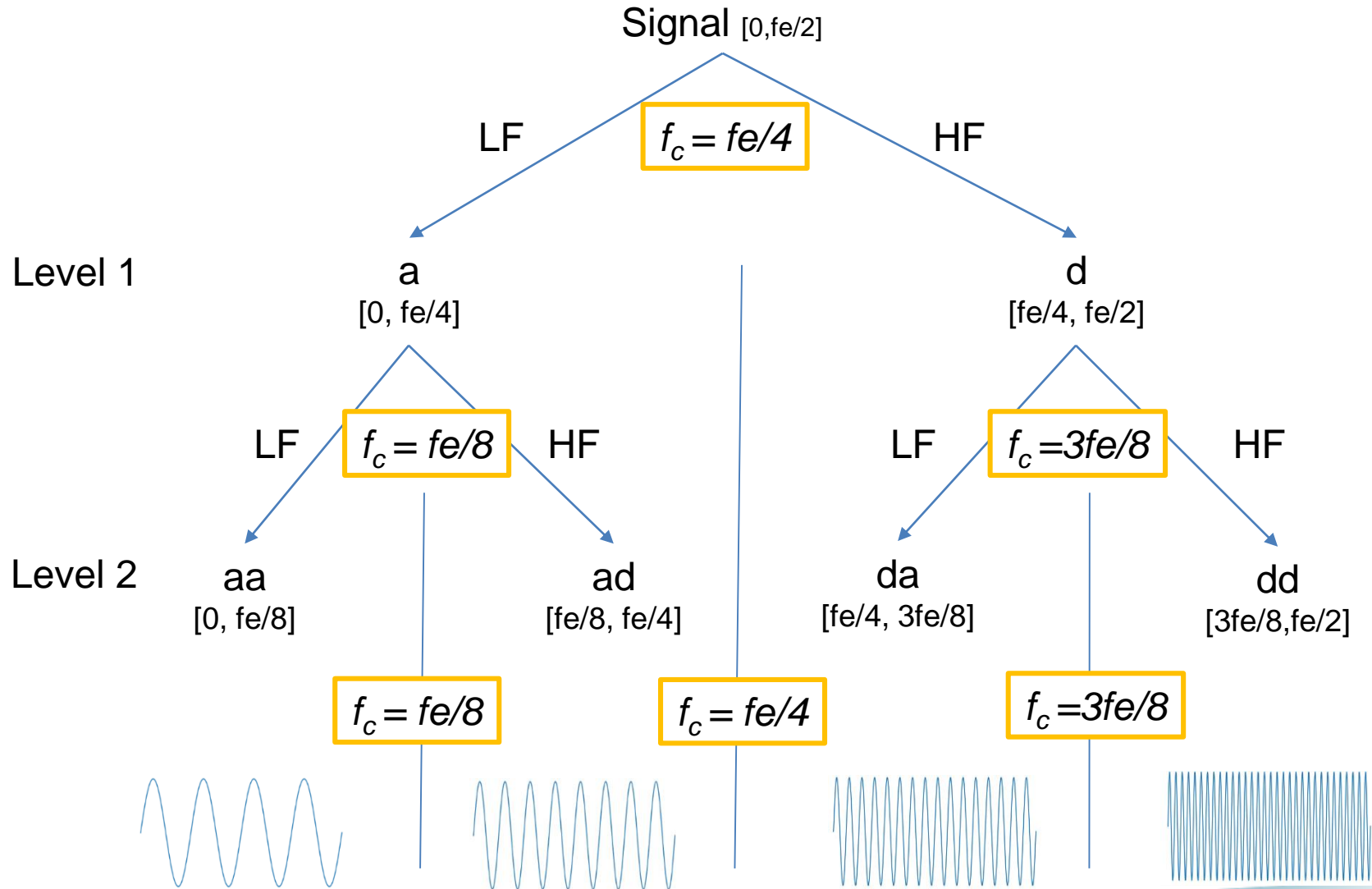
?

Fluctuations

Analyse en ondelettes – En pratique – DWT



Analyse en ondelettes – En pratique – DWT

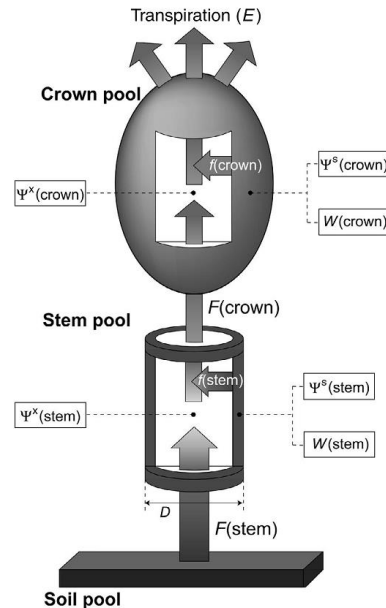
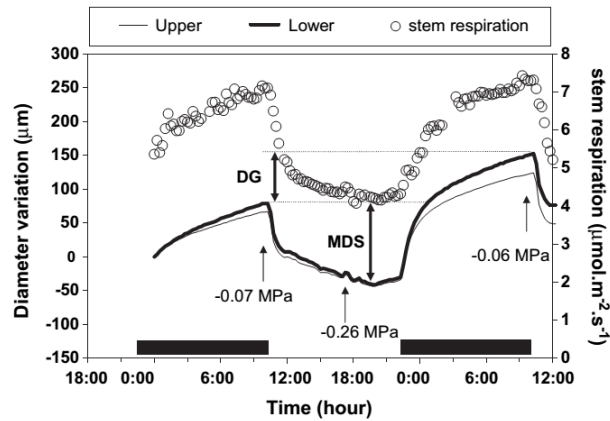


Analyse en ondelettes – En pratique – DWT

Série temporelle décomposition + Scalogramme

Des Outils pour Gérer la Santé des Arbres en ville

Daudet et al. 2005



Steppe et al., 2006, 2008

