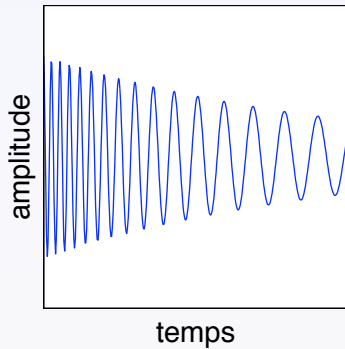
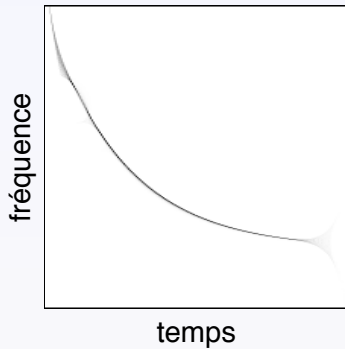
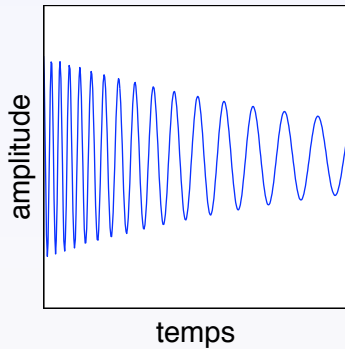


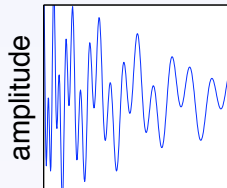
Motivation



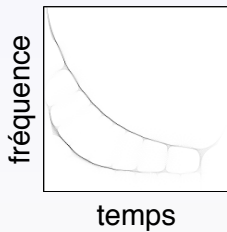
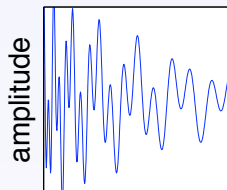
Motivation



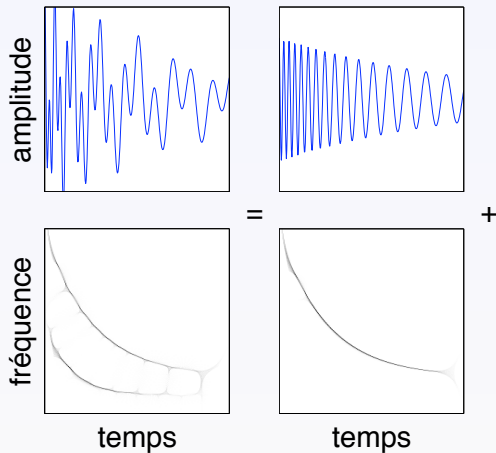
Motivation



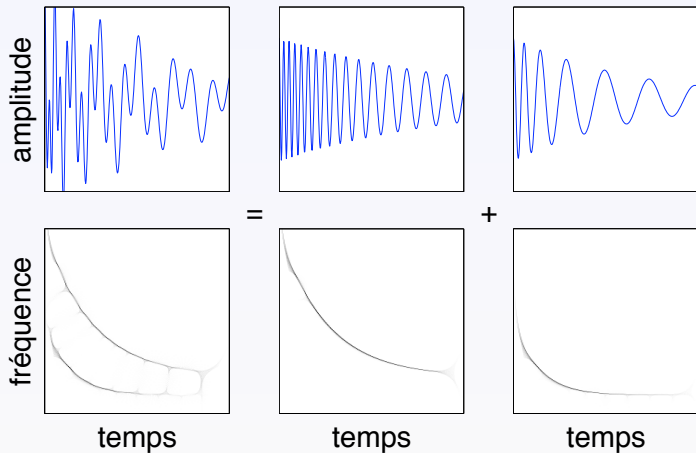
Motivation



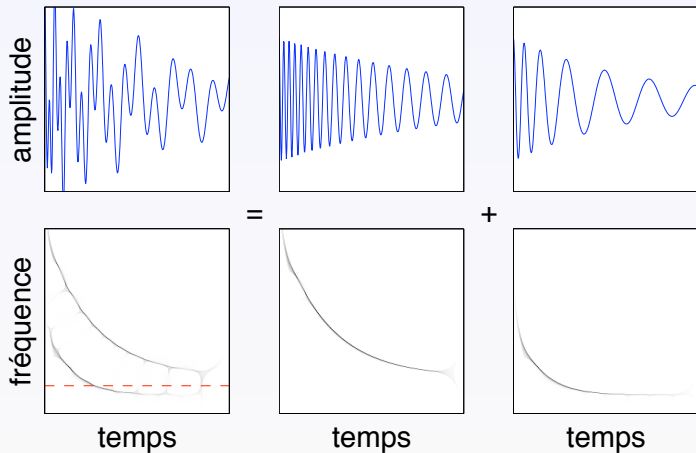
Motivation



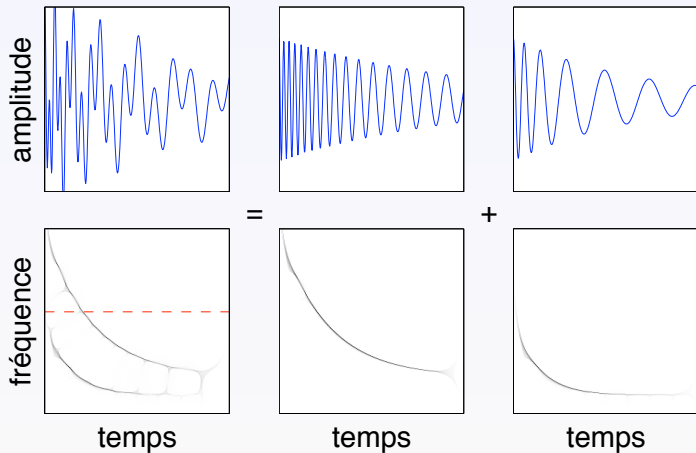
Motivation



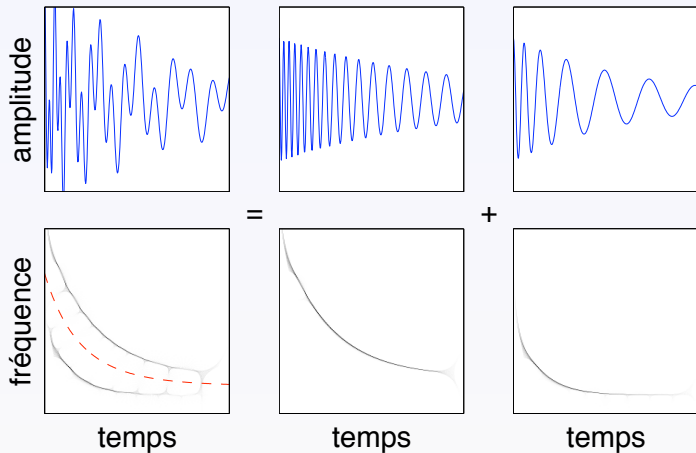
Motivation



Motivation



Motivation



Décomposition Modale Empirique

Objectif :

réaliser une décomposition de la forme

$$x(t) = \sum_{k=1}^K x_k(t)$$

où pour tout k , $x_k(t)$ est une fonction *centrée* de type *AM-FM*

Composantes $x_k(t)$ « Intrinsic Mode Functions » (IMF) :

- maxima > 0 , minima < 0
- les oscillations doivent être « localement symétriques par rapport à zéro »

Décomposition Modale Empirique

Objectif :

réaliser une décomposition de la forme

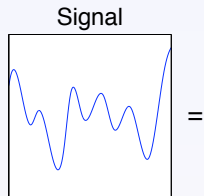
$$x(t) = \sum_{k=1}^K x_k(t)$$

où pour tout k , $x_k(t)$ est une fonction *centrée* de type *AM-FM*

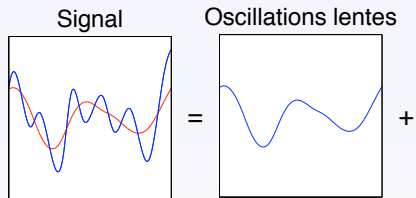
Composantes $x_k(t)$ « Intrinsic Mode Functions » (IMF) :

- maxima > 0 , minima < 0
- les oscillations doivent être « localement symétriques par rapport à zéro »

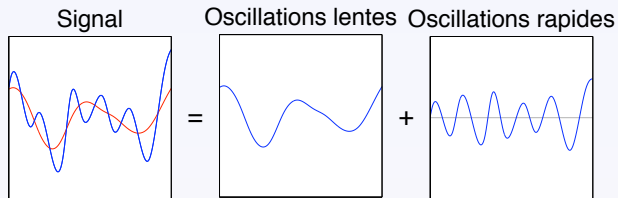
L'approche de l'EMD



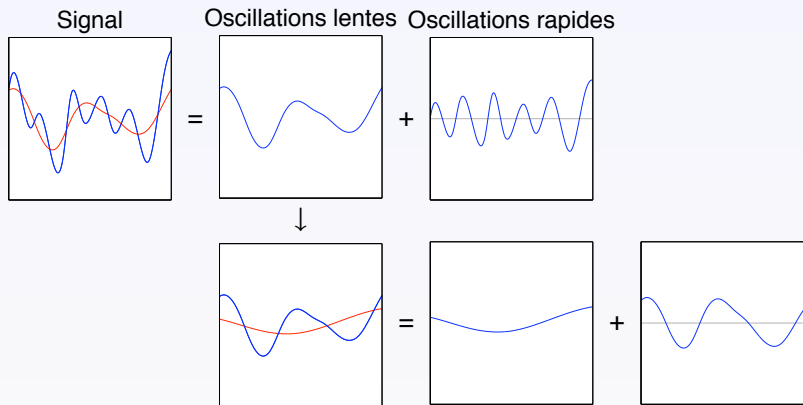
L'approche de l'EMD



L'approche de l'EMD



L'approche de l'EMD



Algorithme de l'EMD

Principe récursif

$$\text{EMD}\{\text{signal}\} = \langle \text{oscillations rapides} \rangle + \text{EMD}\{\langle \text{oscillations plus lentes} \rangle\}$$

Obtention de la composante rapide (Huang 1998) :

répéter n fois

- 1 Identifier les maxima et minima locaux du signal
- 2 En déduire une enveloppe supérieure et une enveloppe inférieure par interpolation (spline cubique)
- 3 Calculer la moyenne des enveloppes et la soustraire au signal

Algorithme de l'EMD

Principe récursif

$$\text{EMD}\{signal\} = \langle \textit{oscillations rapides} \rangle + \text{EMD}\{\langle \textit{oscillations plus lentes} \rangle\}$$

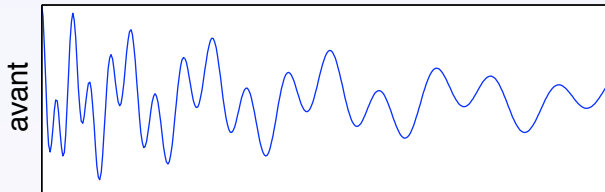
Obtention de la composante rapide (Huang 1998) :

répéter *n fois*

- 1 Identifier les maxima et minima locaux du signal
- 2 En déduire une enveloppe supérieure et une enveloppe inférieure par interpolation (spline cubique)
- 3 Calculer la moyenne des enveloppes et la soustraire au signal

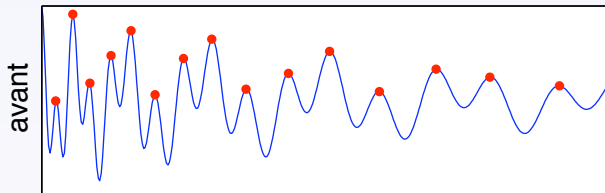
EMD pas à pas

IMF 1, itération 1



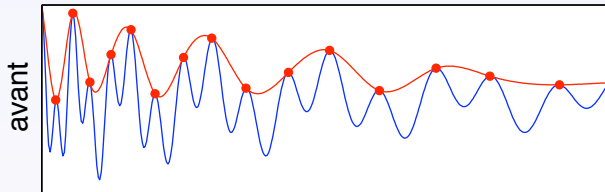
EMD pas à pas

IMF 1, itération 1



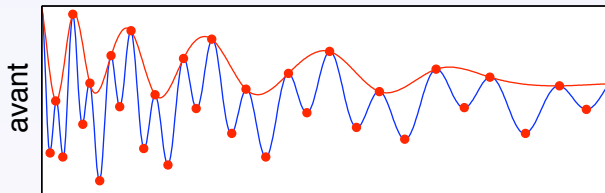
EMD pas à pas

IMF 1, itération 1



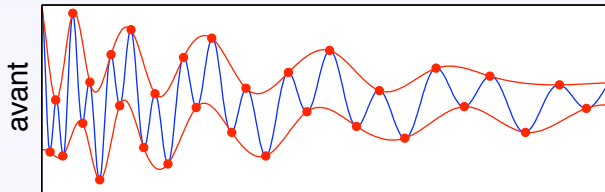
EMD pas à pas

IMF 1, itération 1



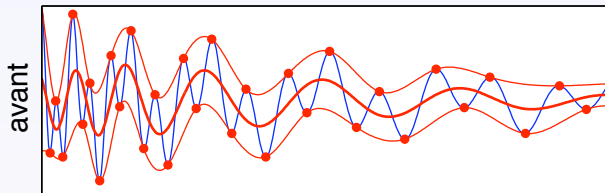
EMD pas à pas

IMF 1, itération 1



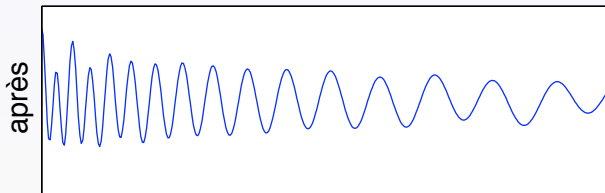
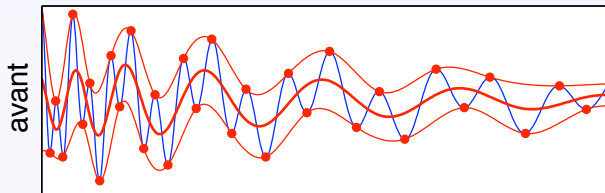
EMD pas à pas

IMF 1, itération 1



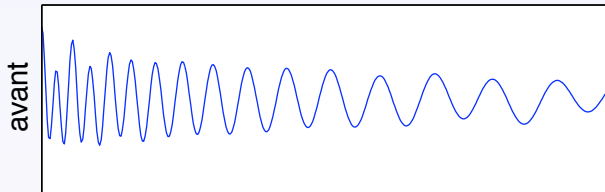
EMD pas à pas

IMF 1, itération 1



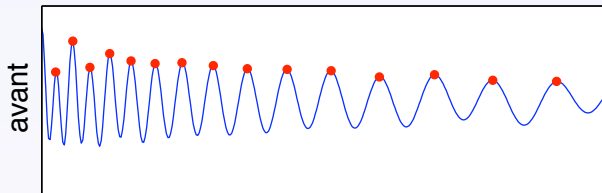
EMD pas à pas

IMF 1, itération 2



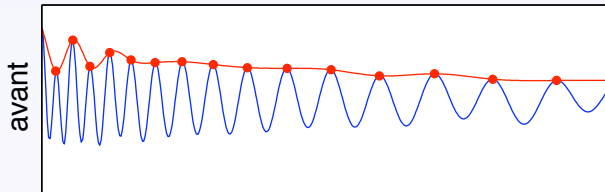
EMD pas à pas

IMF 1, itération 2



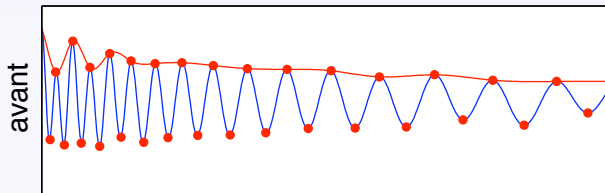
EMD pas à pas

IMF 1, itération 2



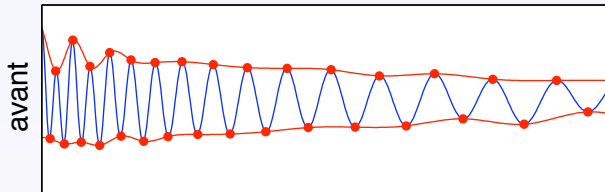
EMD pas à pas

IMF 1, itération 2



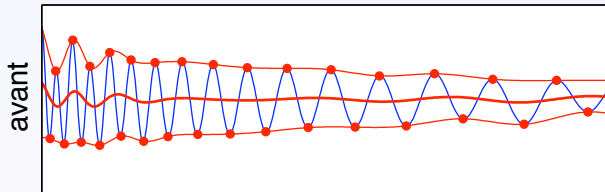
EMD pas à pas

IMF 1, itération 2



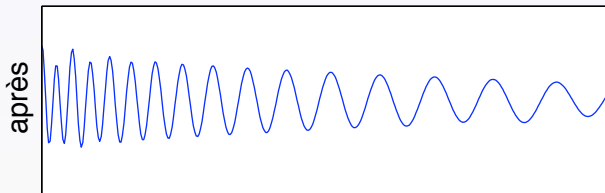
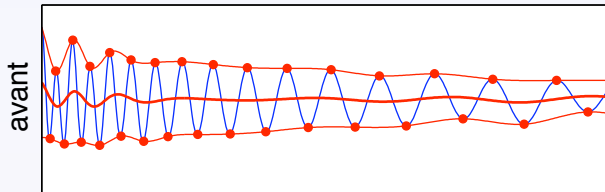
EMD pas à pas

IMF 1, itération 2



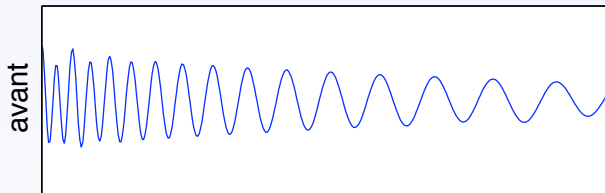
EMD pas à pas

IMF 1, itération 2



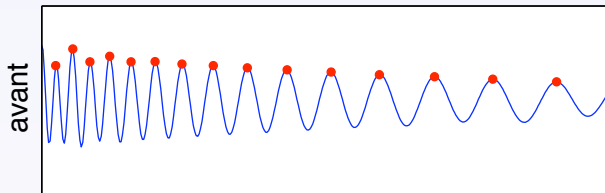
EMD pas à pas

IMF 1, itération 3



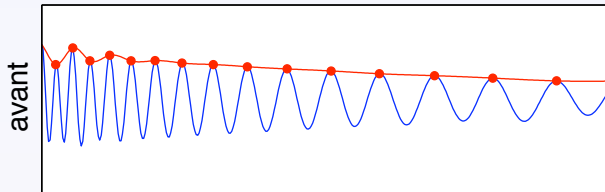
EMD pas à pas

IMF 1, itération 3



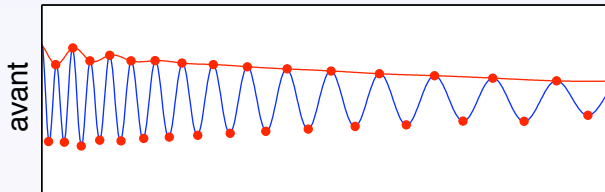
EMD pas à pas

IMF 1, itération 3



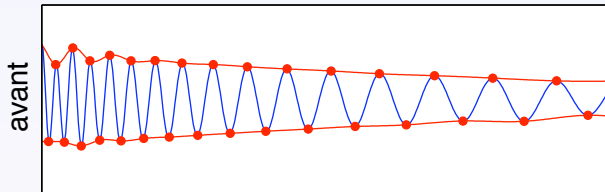
EMD pas à pas

IMF 1, itération 3



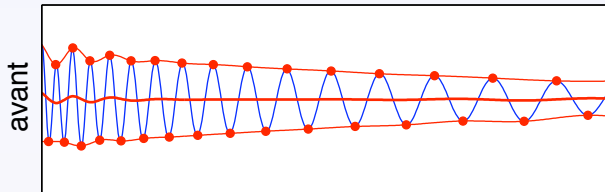
EMD pas à pas

IMF 1, itération 3



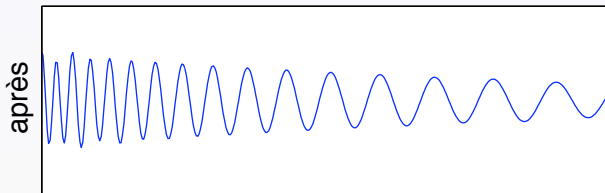
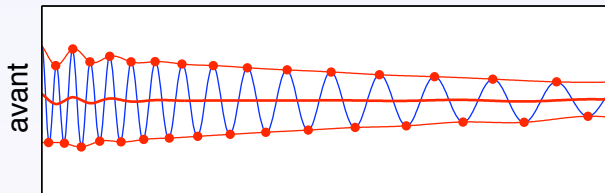
EMD pas à pas

IMF 1, itération 3



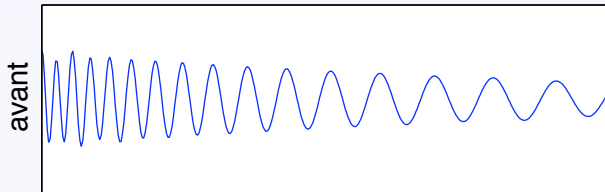
EMD pas à pas

IMF 1, itération 3



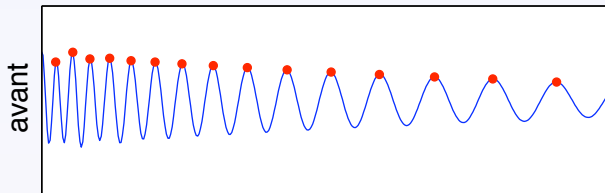
EMD pas à pas

IMF 1, itération 4



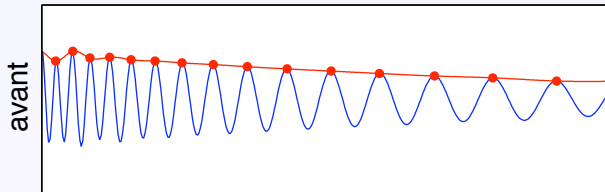
EMD pas à pas

IMF 1, itération 4



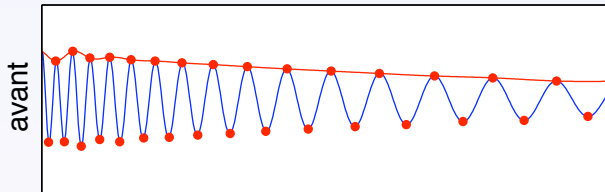
EMD pas à pas

IMF 1, itération 4



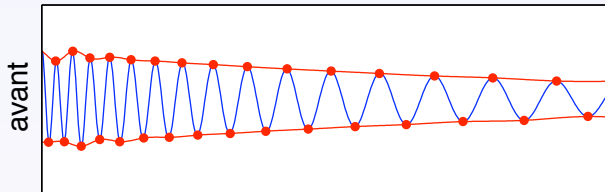
EMD pas à pas

IMF 1, itération 4



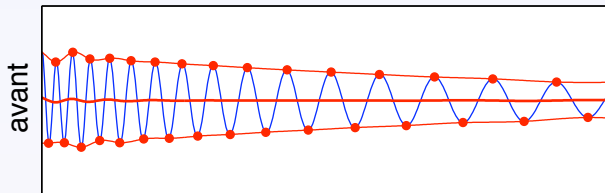
EMD pas à pas

IMF 1, itération 4



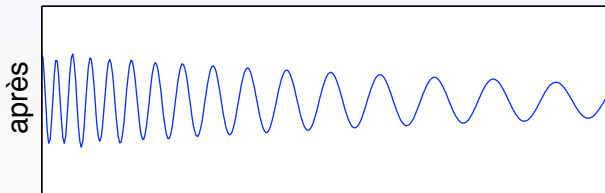
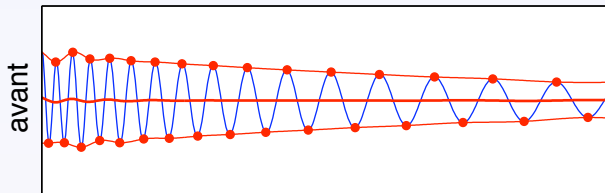
EMD pas à pas

IMF 1, itération 4



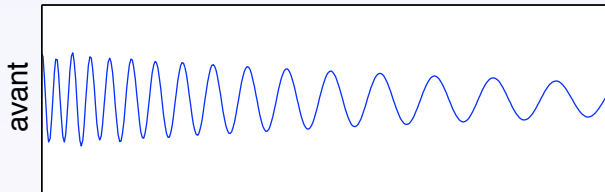
EMD pas à pas

IMF 1, itération 4



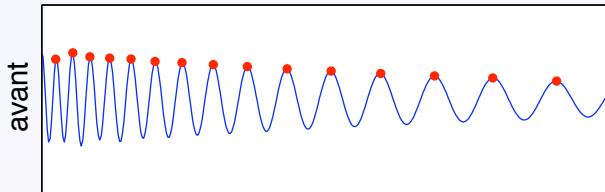
EMD pas à pas

IMF 1, itération 5



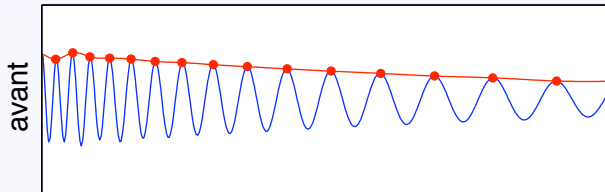
EMD pas à pas

IMF 1, itération 5



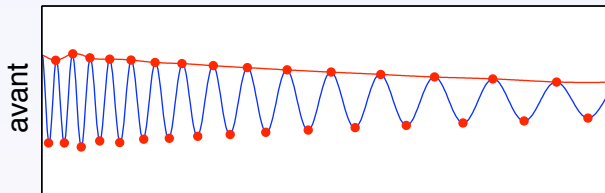
EMD pas à pas

IMF 1, itération 5



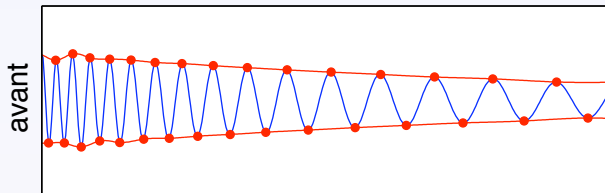
EMD pas à pas

IMF 1, itération 5



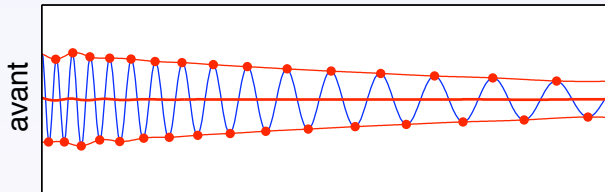
EMD pas à pas

IMF 1, itération 5



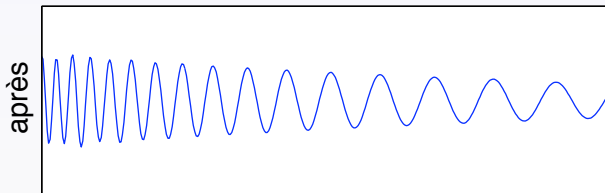
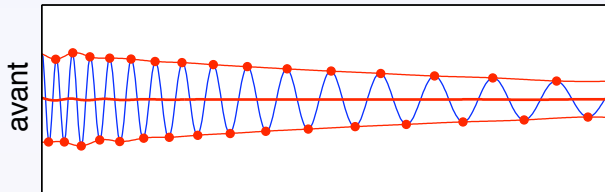
EMD pas à pas

IMF 1, itération 5



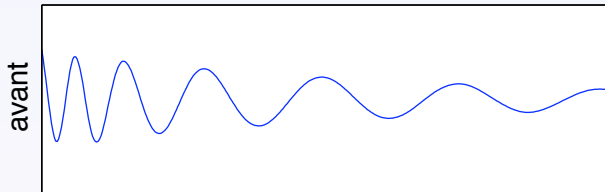
EMD pas à pas

IMF 1, itération 5



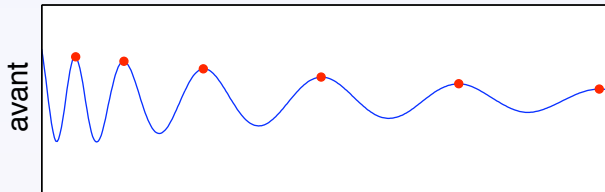
EMD pas à pas

IMF 2, itération 1



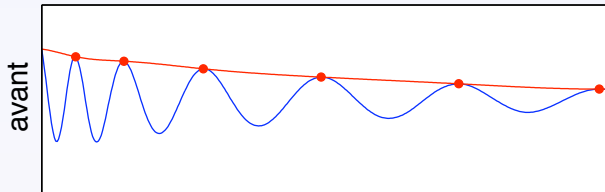
EMD pas à pas

IMF 2, itération 1



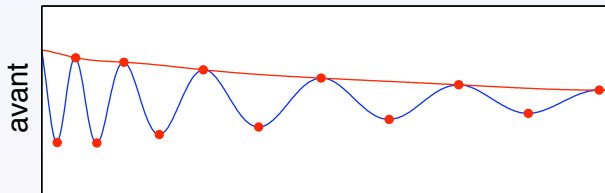
EMD pas à pas

IMF 2, itération 1



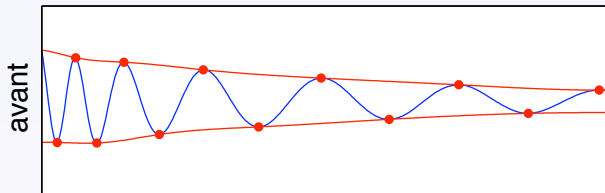
EMD pas à pas

IMF 2, itération 1



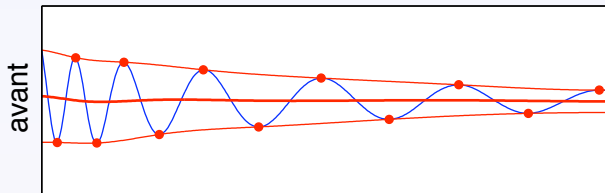
EMD pas à pas

IMF 2, itération 1



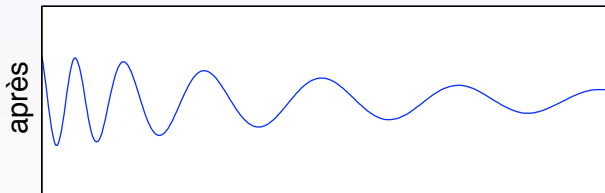
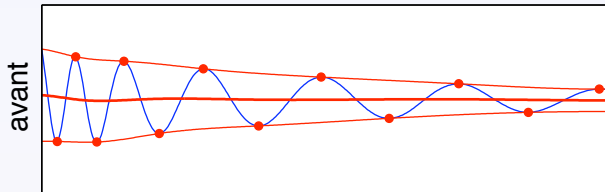
EMD pas à pas

IMF 2, itération 1



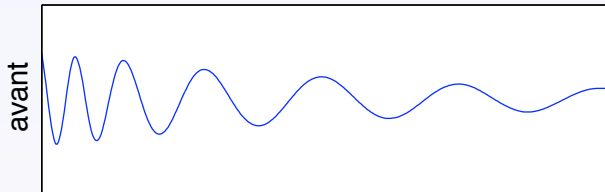
EMD pas à pas

IMF 2, itération 1



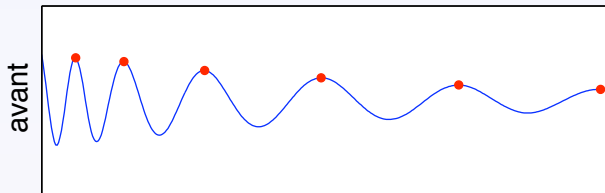
EMD pas à pas

IMF 2, itération 2



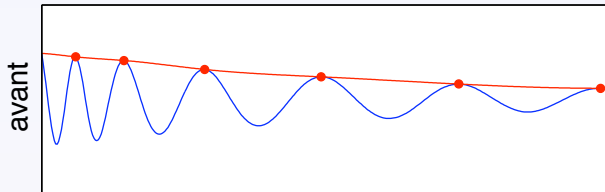
EMD pas à pas

IMF 2, itération 2



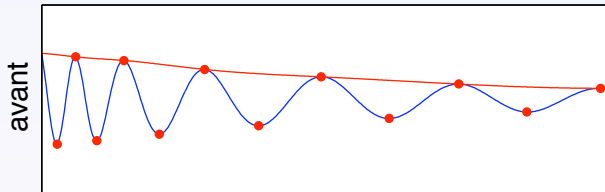
EMD pas à pas

IMF 2, itération 2



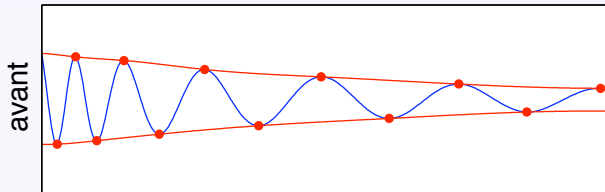
EMD pas à pas

IMF 2, itération 2



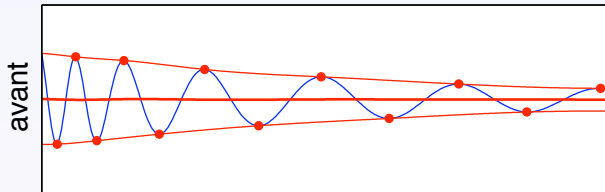
EMD pas à pas

IMF 2, itération 2



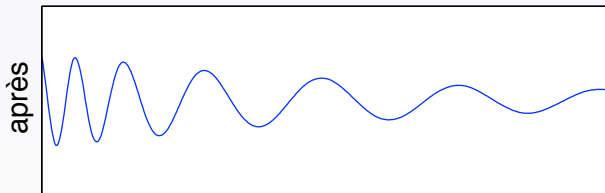
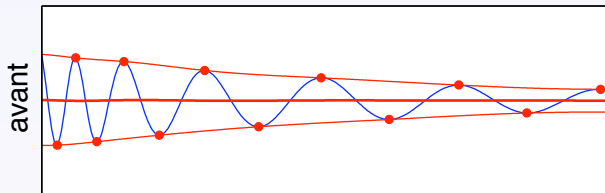
EMD pas à pas

IMF 2, itération 2

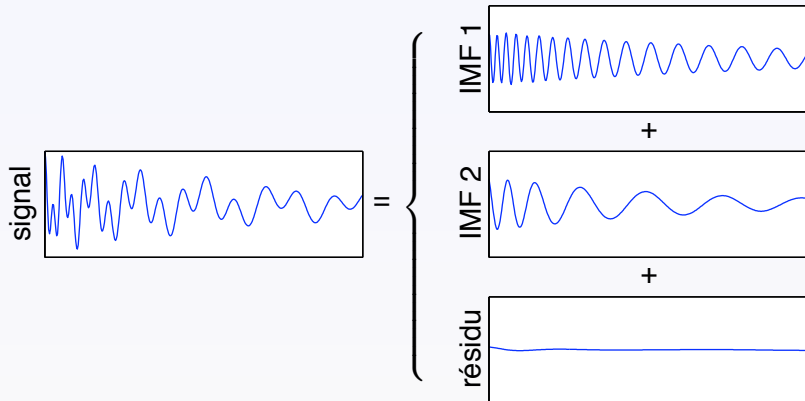


EMD pas à pas

IMF 2, itération 2



EMD pas à pas



Autour de l'EMD

Mise en œuvre

Calcul des enveloppes, nombres d'itérations

Conditions d'utilisation

Régularité du signal, influence du bruit, échantillonnage

Variantes

EMD inflexions, EMD B-spline, EMD locale, EMD en ligne

Extensions

Pour les images, pour les signaux à 2 composantes, . . .

Applications

Signaux expérimentaux, signaux de synthèse

Compréhension

Modélisations, construction d'une théorie