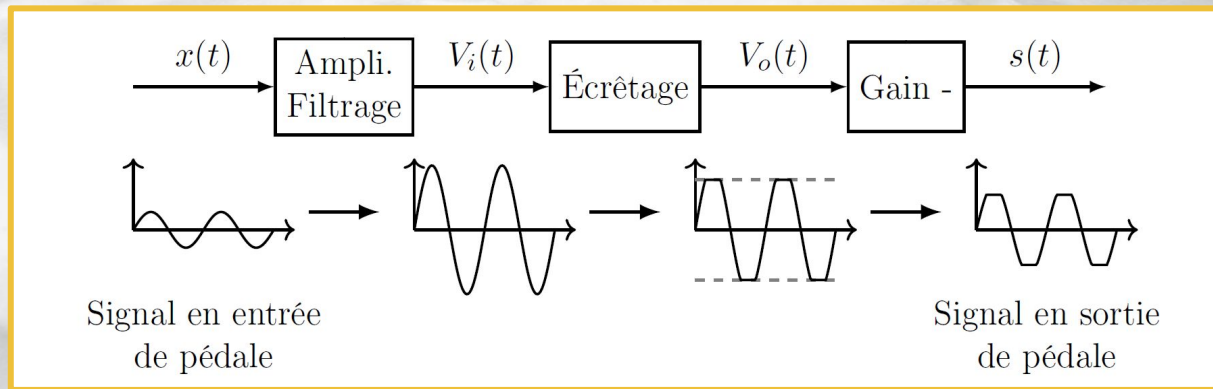
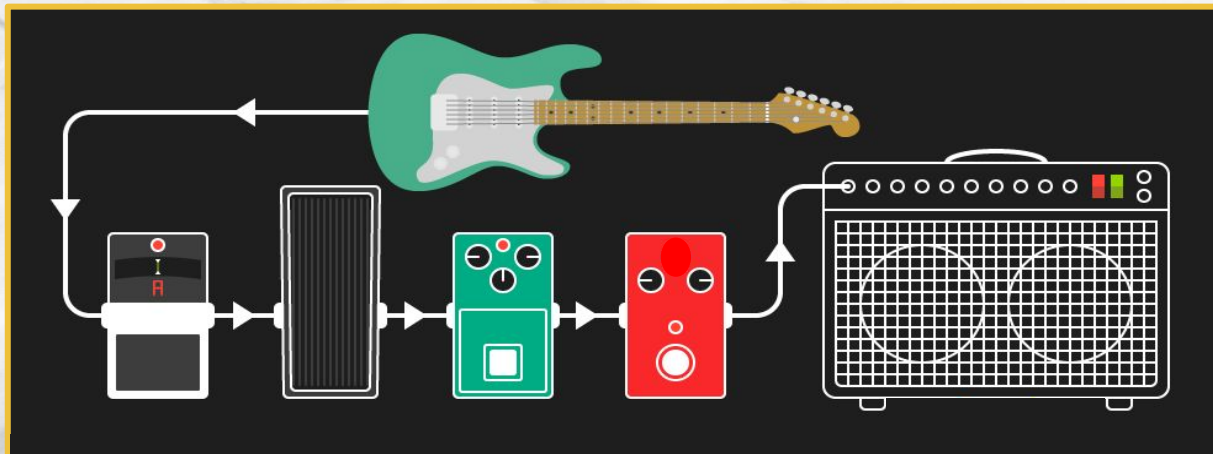


A close-up, shallow depth-of-field photograph of several guitar pedals. In the foreground, a yellow pedal with a black knob is visible on the left. To the right, a blue pedal with a black footplate and a green pedal are partially visible. The background is filled with more pedals and cables, all out of focus. The overall color palette is dominated by the yellow, blue, and green of the pedals, with a dark, blurred background.

Modélisation d'un système d'écrêtage de pédale de distorsion.

Encadrants : B. Lihoreau, A. Novak

Eliot Deschang



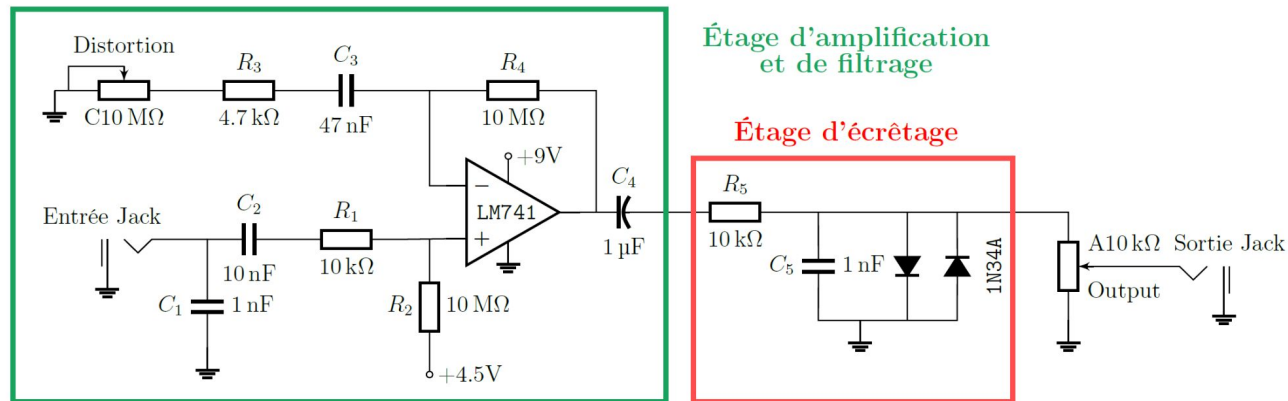
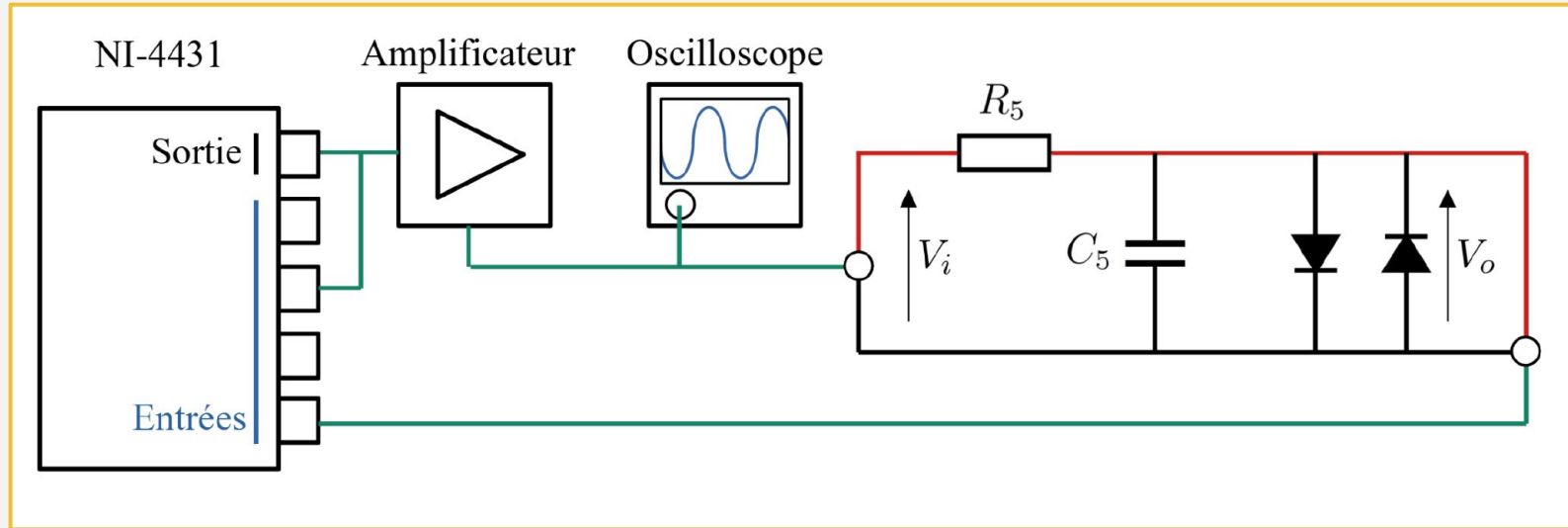


Schéma électrique du circuit de la pédale MXR Distortion +

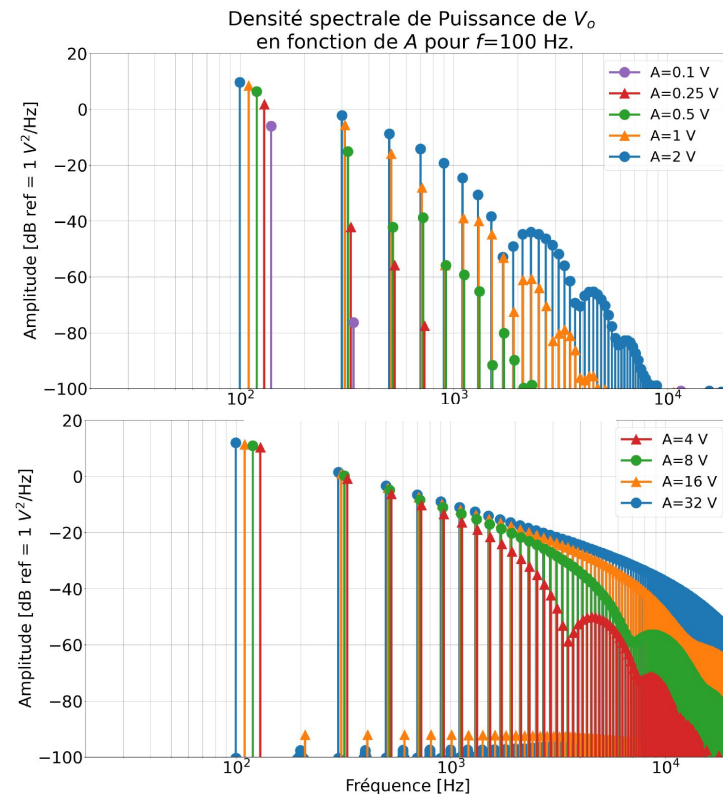
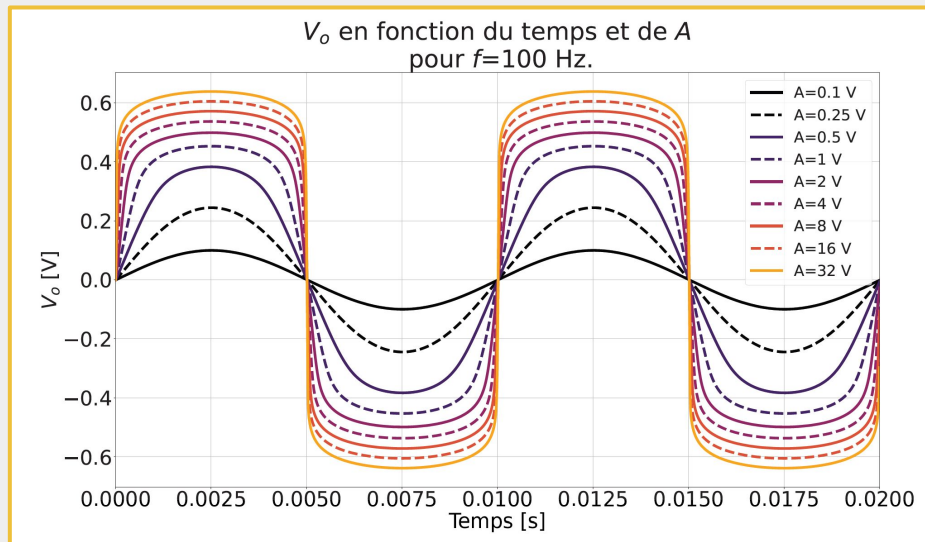


- Étude expérimentale
- Mise en équation du système + résolution numérique
- Comparaison résultats expérimentaux/numériques
- Résolution en temps réel
- Création d'un plugin d'effet audio





Schématisation de la chaîne de montage.



Équation de la diode de Shockley :

$$I_d = I_s \left(e^{V/\eta V_t} - 1 \right)$$

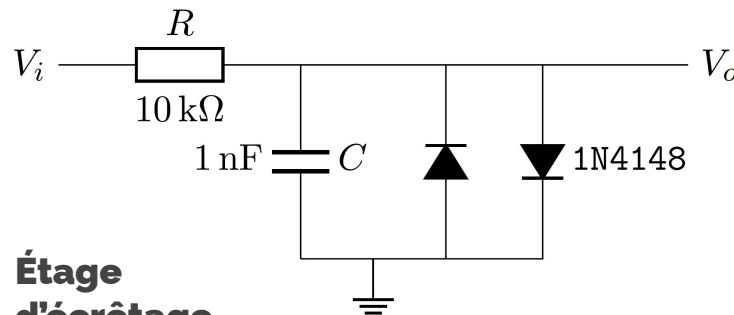
Équation du “Diode Clipper” ou écrêteur à diodes:

$$\frac{dV_o}{dt} = \frac{V_i - V_o}{RC} - 2 \frac{I_s}{C} \sinh \left(\frac{V_o}{\eta V_t} \right)$$

$$\frac{dv}{dt} = v' = f(t, u(t), v(t))$$

Discrétisation de l'équation

$$v'_n = f(t_n, u_n, v_n) = \frac{u_n - v_n}{RC} - 2 \frac{I_s}{C} \sinh \left(\frac{v_n}{\eta V_t} \right)$$



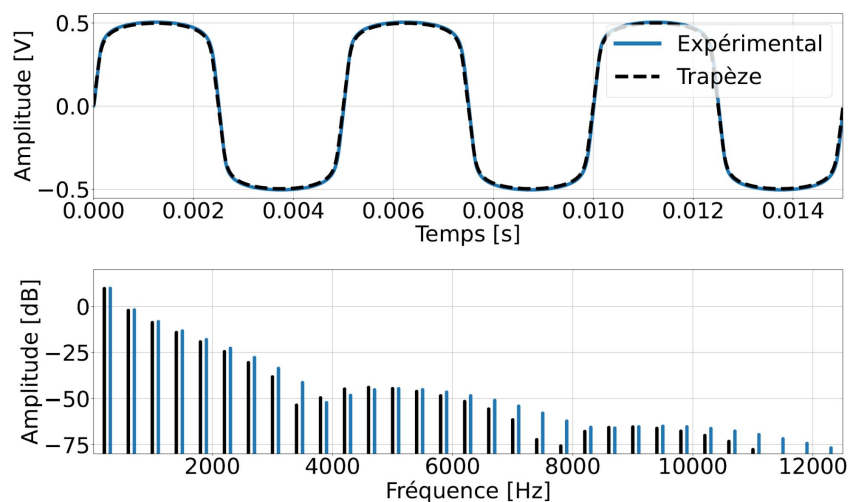
**Étage
d'écrtête**

Résolution numérique: Méthode des trapèzes

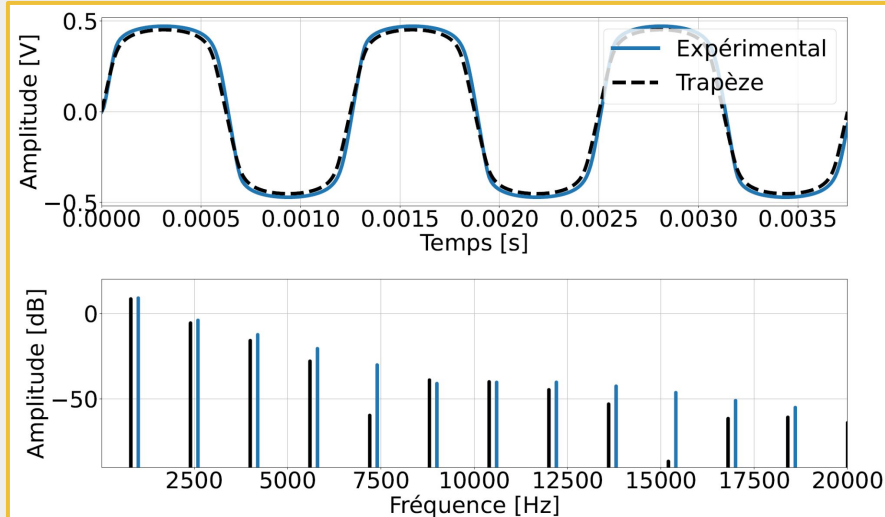
$$v_{n+1} = v_n + \frac{T}{2} (v'_n + v'_{n+1})$$

Solveur de racine: Newton-raphson
(pour les méthodes implicites)

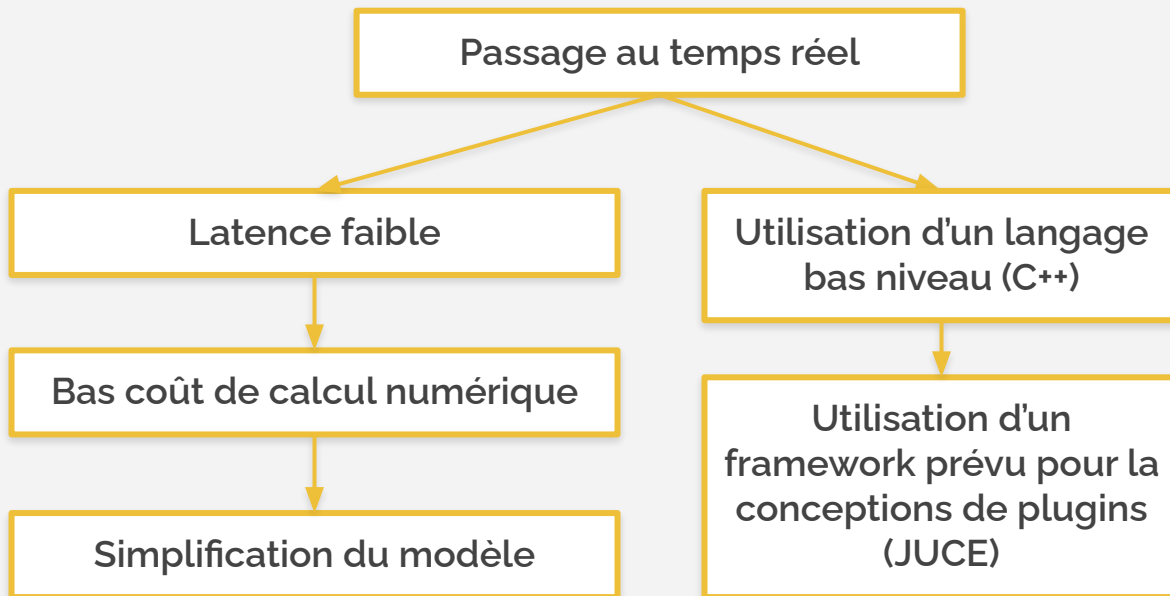
Comparaison du signal de sortie théorique obtenue par la méthode des trapèze et les données expérimentales pour une excitation sinusoïdale. $F_s = 192$ kHz.



$f=200$ Hz, $A=2$ V.



$f=800$ Hz, $A=1$ V.



Rappel : équation de l'écrêteur à diodes

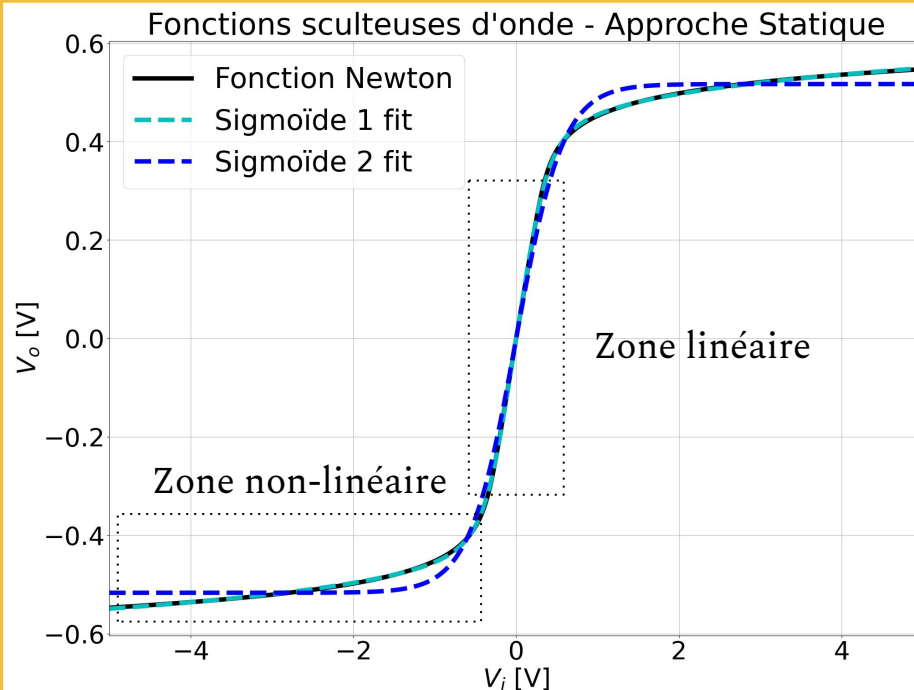
$$\frac{dV_o}{dt} = \frac{V_i - V_o}{RC} - 2\frac{I_s}{C} \sinh\left(\frac{V_o}{\eta V_t}\right)$$

Simplification du système :

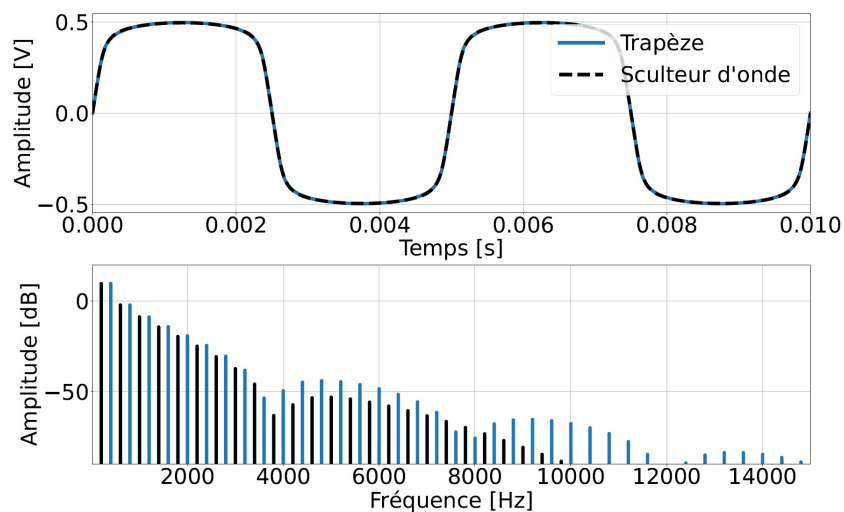
approche statique : $\frac{dV_o}{dt} = 0$

approximation par sigmoïde

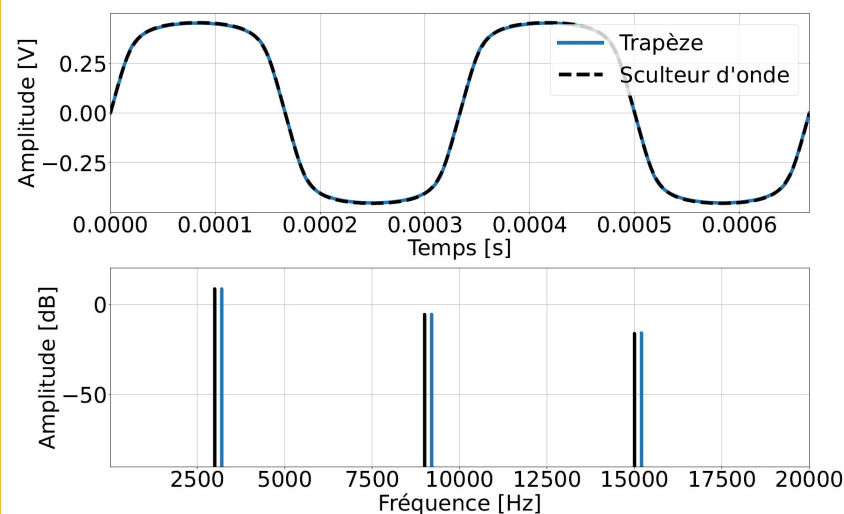
Approche statique de l'étage d'écrêtage



Comparaison du signal de sortie théorique obtenue par la méthode des trapèze et la méthode du sculpteur de forme pour une excitation sinusoïdale. $F_s = 384 \text{ kHz}$.



$f=200 \text{ Hz}$, $A=2 \text{ V}$.



$f=3 \text{ kHz}$, $A=1 \text{ V}$.

The image shows the StaticClipper plugin interface with several French annotations pointing to specific controls:

- Gain avant écrêtage**: Points to the **Input Gain** knob, which is set to 0.0 dB.
- Gain après écrêtage**: Points to the **Output Gain** knob, which is set to 1.9 dB.
- Sculpteur d'onde au choix**: Points to the **Boss DS-1** dropdown menu.
- Suréchantillonnage au choix : désactivé, x2, x4 et x8**: Points to the **Oversampling** dropdown menu, which is currently set to 4x.
- Mélange entre le signal avant et après traitement**: Points to the **Mix** slider, which is set to 80 %.

The interface itself features the title **StaticClipper**, a **Beta Version** label, and a **Eliot.D** signature.

- Simulation en temps différé satisfaisantes vis-à-vis des résultats expérimentaux
 - Approche statique suffisante
 - Plugin audio performant et simple d'utilisation
-
- Amélioration de la solution en temps réel
 - Modélisation de l'étage de filtrage actif

- D. T. Yeh, J. Abel, et J. O. Smith, “Simplified, physically informed models of distortion and overdrive guitar effects pedals”, actes de la conférence internationale sur les effets audio numériques (DAFx-07), Bordeaux, 2007.
- L. F. Shampine, “Numerical Solution of Ordinary Differential Equations”, Chapman and Hall, New York, 1994.
- J. O. Smith, “Elementary Finite Different Schemes”, Music 420 Lecture of Stanford University, Californie, 2020.
- T. Serafini, S. Barbati, “A Perceptual Approach on Clipping and Saturation”, <http://www.simulananalog.org/clip.pdf>, 2002.

De manière plus générale :

- Papiers des conférences DAFx : <https://dafx2020.mdw.ac.at/>
- Page d'enseignement de Julius O. Smith : <https://ccrma.stanford.edu/~jos/pasp/>