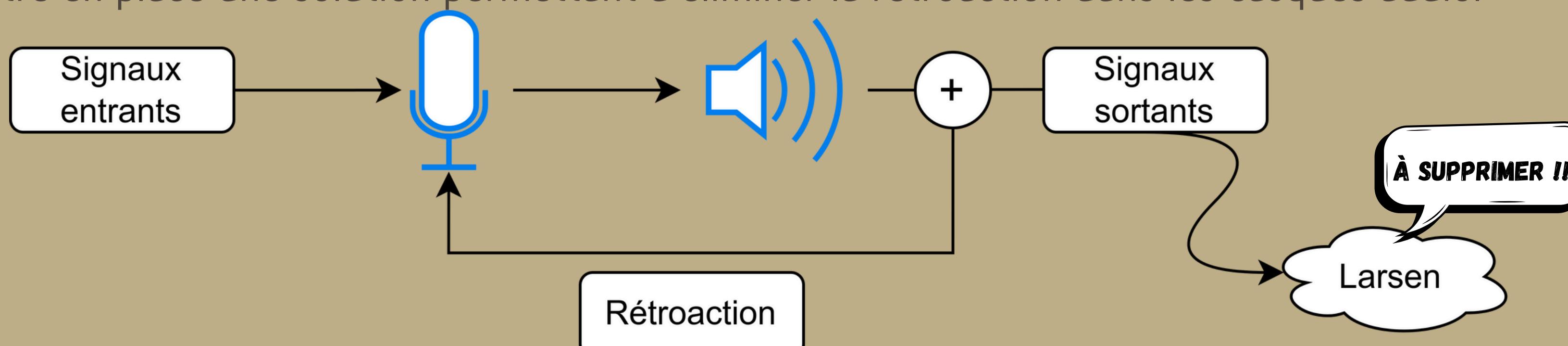


## Introduction

Le phénomène de rétroaction est largement présent dans le domaine sonore et résulte de la réinjection du son amplifié par le haut-parleur dans le microphone, formant une boucle auto-entretenue. Il constitue la principale cause des larsens dans les casques audio, ce qui altère la qualité du son et peut même avoir des effets négatifs sur la santé. Il est donc essentiel de mettre en place une solution permettant d'éliminer la rétroaction dans les casques audio.



## Choix d'outils

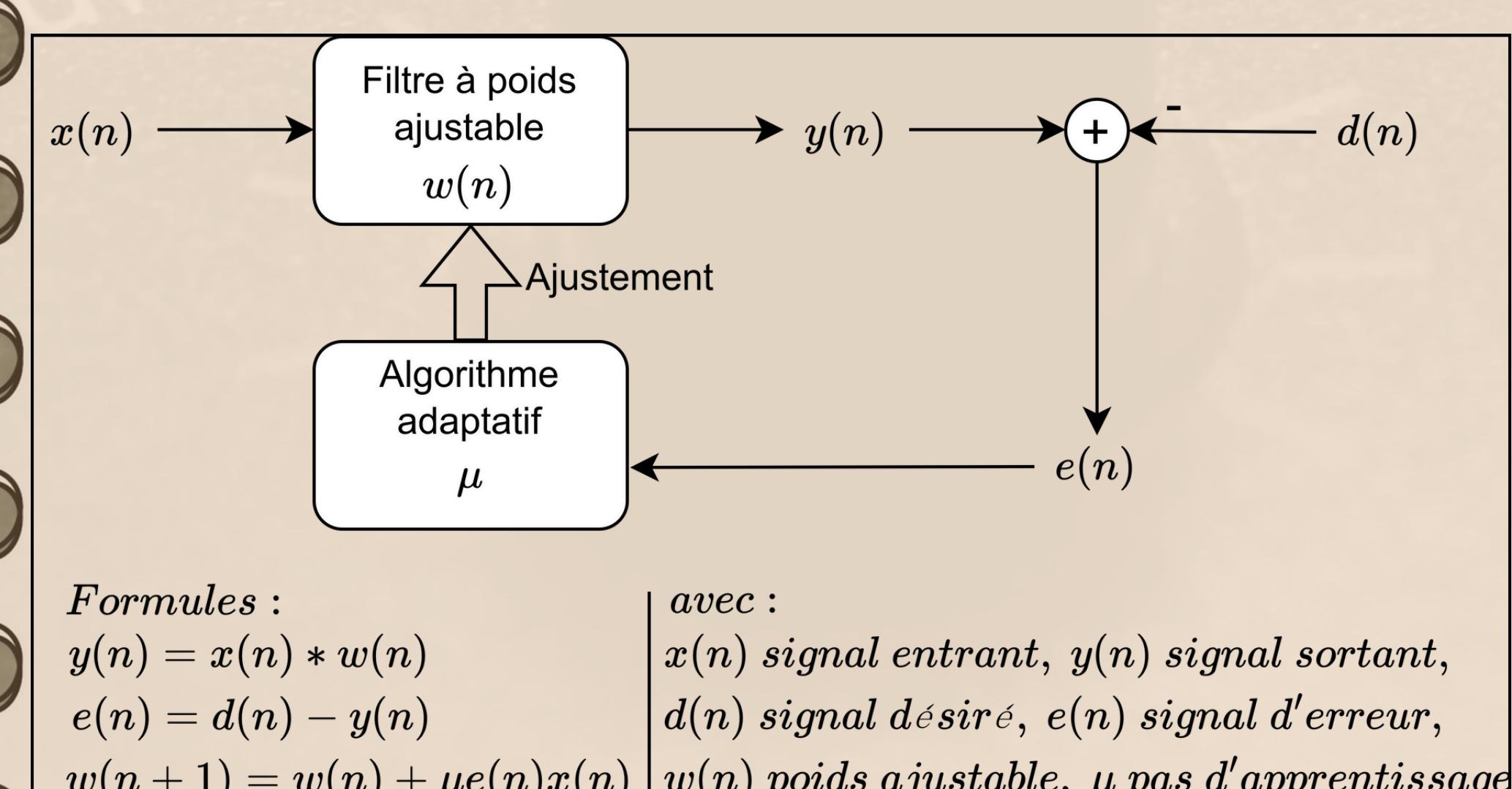
- Teensy 4.0: une carte microcontrôleur idéale pour le traitement des signaux.
- Arduino: Une plateforme en C/C++ utilisée pour la programmation des systèmes embarqués.



Figure: Teensy 4.0

## Filtre LMS

- Filtre type FIR à poids ajustable.
- Supprimer les autres composants du larsen.
- Convolution du signal entrant avec le poids.
- Comparaison entre le signal sortie et le signal désiré.
- Algorithme adaptatif minimisant l'erreur moyenne.



## Filtre coupe-bande étroite

- Filtre d'ordre 2, type IIR.
- Supprimer la fréquence dominante du larsen en préservant les autres composantes fréquentielles du son.

$$x(n) \rightarrow H(z) = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2}}{1 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2}} \rightarrow y(n)$$

avec :  
 $x(n)$  signal entrant,  $y(n)$  signal sortant  
 $H(z)$  fonction de transfert,  
 $a_1, a_2, b_0, b_1, b_2$  coefficients à définir

## Améliorations

- NLMS: Normalisation du pas d'apprentissage pour améliorer la convergence du filtre LMS.
- Leaky LMS: Introduction d'un facteur de fuite pour stabiliser les coefficients et éviter la divergence du filtre LMS.
- Idée: Intégrer NLMS et Leaky LMS.

## Mots-Clés

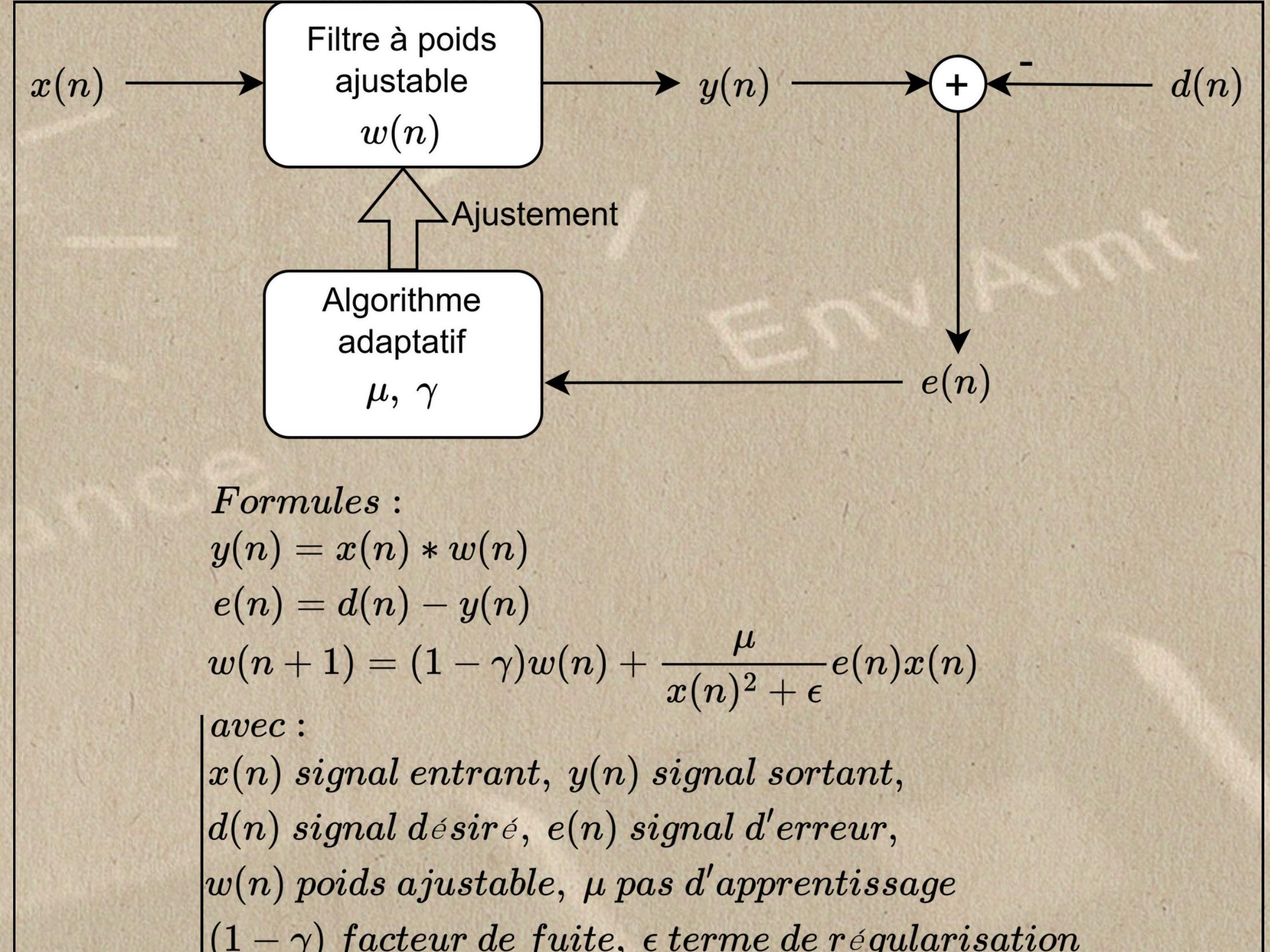
- Annulation de rétroaction [Feedback cancellation]
- Larsen [Howling]
- Filtre coupe-bande étroit [Notch filter]
- Filtre LMS [Least mean squares filter]

## Propositions

- choix d'outils
- Filtre coupe-bande étroite
- Filtre LMS
- Améliorations



Figure: Filtre NLMS + Leaky



## Résultat

- Le larsen causé par la rétroaction est bien supprimé après une courte période de convergence.

Figure: Signal entrant

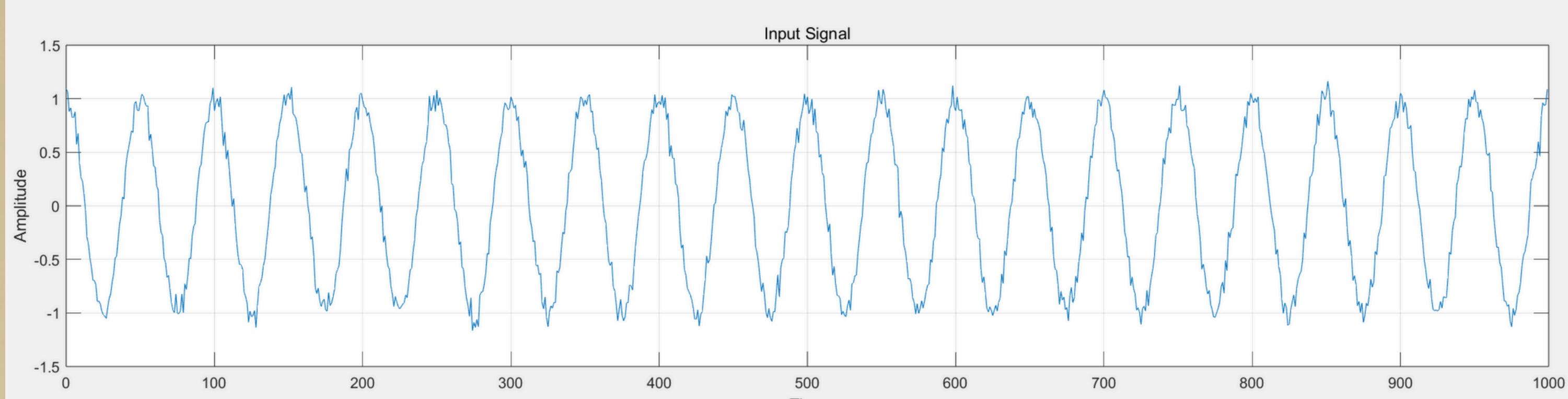
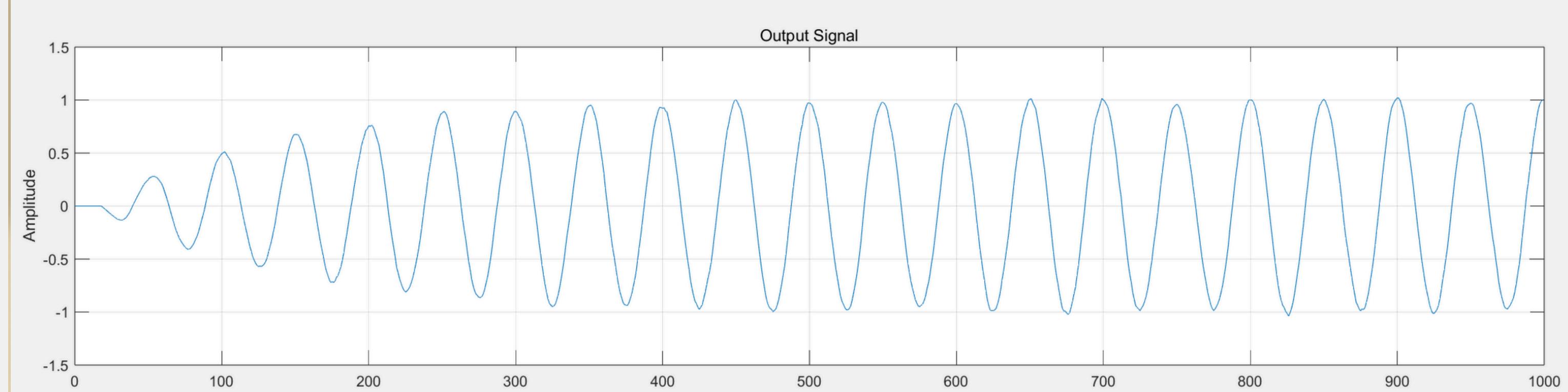


Figure: Signal sortant



[1] Julius O. Smith III. "Phasing with 2nd-Order Allpass Filter". Center for Computer Research in Music and Acoustics (CCRMA), Stanford University.  
[https://ccrma.stanford.edu/~jos/pasp/Phasing\\_2nd\\_Order\\_Allpass\\_Filters.html](https://ccrma.stanford.edu/~jos/pasp/Phasing_2nd_Order_Allpass_Filters.html)

[2] Djemai Abdallah, Bennaceur Mohammed Tarzia. "Application du filtrage adaptatif à l'annulation de l'écho acoustique". Département d'Electronique et de Communication, Faculté des Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication, Université Kasdi Merbah Ouargla.  
<https://dspace.univouargla.dz/jspui/bitstream/123456789/21837/1/Application%20du%20filtrage%20adaptatif%20C3%A0%20!E2%80%99annulation%20de%20!E2%80%99C3%A9cho%20acoustique.pdf>

[3] Hung Ngoc Nguyen, Majid Dowlatnia, Azhar Sarfraz. "Implementation of the LMS and NLMS algorithms for Acoustic Echo Cancellation in teleconference system using MATLAB". School of Mathematics and Systems Engineering, Växjö University.  
<https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2%3A280596/fulltext01>

[4] Jacques Martinet, Paul Fortier. "Algorithme LMS avec délais généralisés. Laboratoire de Radiocommunications et de Traitement du Signal", Université Laval.  
[http://lts.gel.ulaval.ca/dynamique/rapports\\_anuels/9596/Section\\_V/martinetJ2.pdf](http://lts.gel.ulaval.ca/dynamique/rapports_anuels/9596/Section_V/martinetJ2.pdf)

[5] Paulo S. R. Diniz, pages 99 - 101 de "Adaptive Filtering: Algorithms and Practical Implementation", Fifth édition. Universidade Federal do Rio de Janeiro Niterói, Rio de Janeiro, Brazil.

## Références

