



HAL
open science

Systèmes audios non linéaires en Séries de Volterra: Problèmes d'identification et séparation d'ordre

Damien Bouvier, Thomas Hélie, David Roze

► **To cite this version:**

Damien Bouvier, Thomas Hélie, David Roze. Systèmes audios non linéaires en Séries de Volterra: Problèmes d'identification et séparation d'ordre. Journées Jeunes Chercheurs en Acoustique, Audition et Signal, Nov 2016, Paris, France. hal-01466450

HAL Id: hal-01466450

<https://hal.science/hal-01466450v1>

Submitted on 13 Feb 2017

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.

Systemes audio non lineaires en Serie de Volterra : Problemes d'identification et separation d'ordre



Damien Bouvier⁽¹⁾, Thomas Hélie⁽¹⁾, David Roze⁽¹⁾

(1) Signaux et Systemes Sonores (<http://s3.ircam.fr/>),

Science et Technologies de la musique et du Son, UMR 9912 Ircam-CNRS-UPMC



1. Motivations et enjeux

Cadre : Thèse sur la synthèse sonore d'instruments de musique.

Approche :

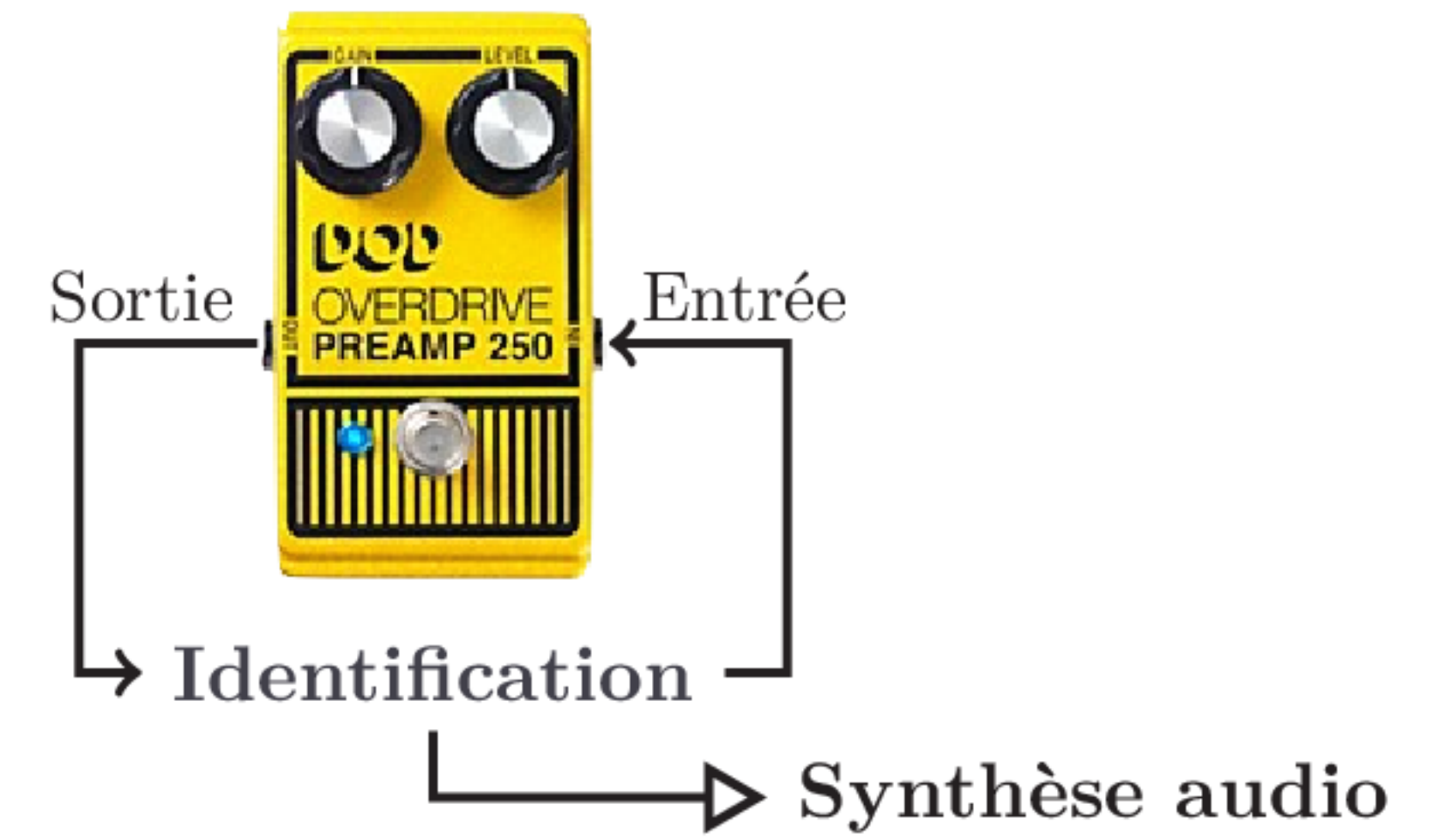
- Synthèse basée sur l'identification de systèmes
- Volonté d'une méthode générale (\neq spécificité des modèles physiques, des modèles de signaux, ...)

Volonté :

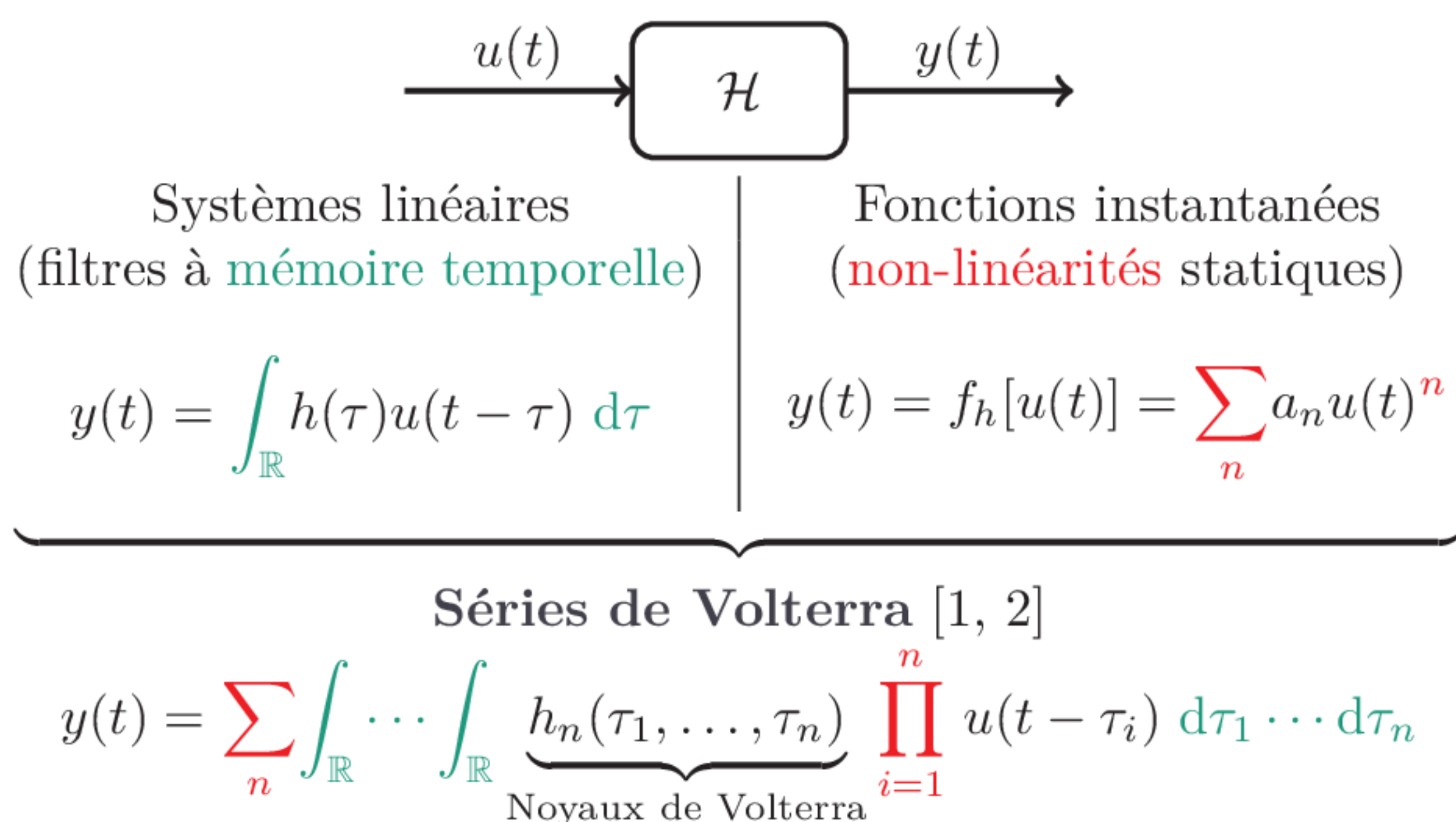
Synthèse réaliste pour l'évolution timbre VS. note et amplitude \rightarrow nécessite des non-linéarités.

Systemes audio non lineaires :

Résonateur de cuivre, haut-parleur, pédale de distortion ou de compression, ...



2. Modèle de systèmes non lineaires



Modèle utile pour les systèmes à mémoire avec non-linéarités régulières. Mais ne peut pas décrire un comportement chaotique ni de l'hystérésis.

3. Problèmes d'identification

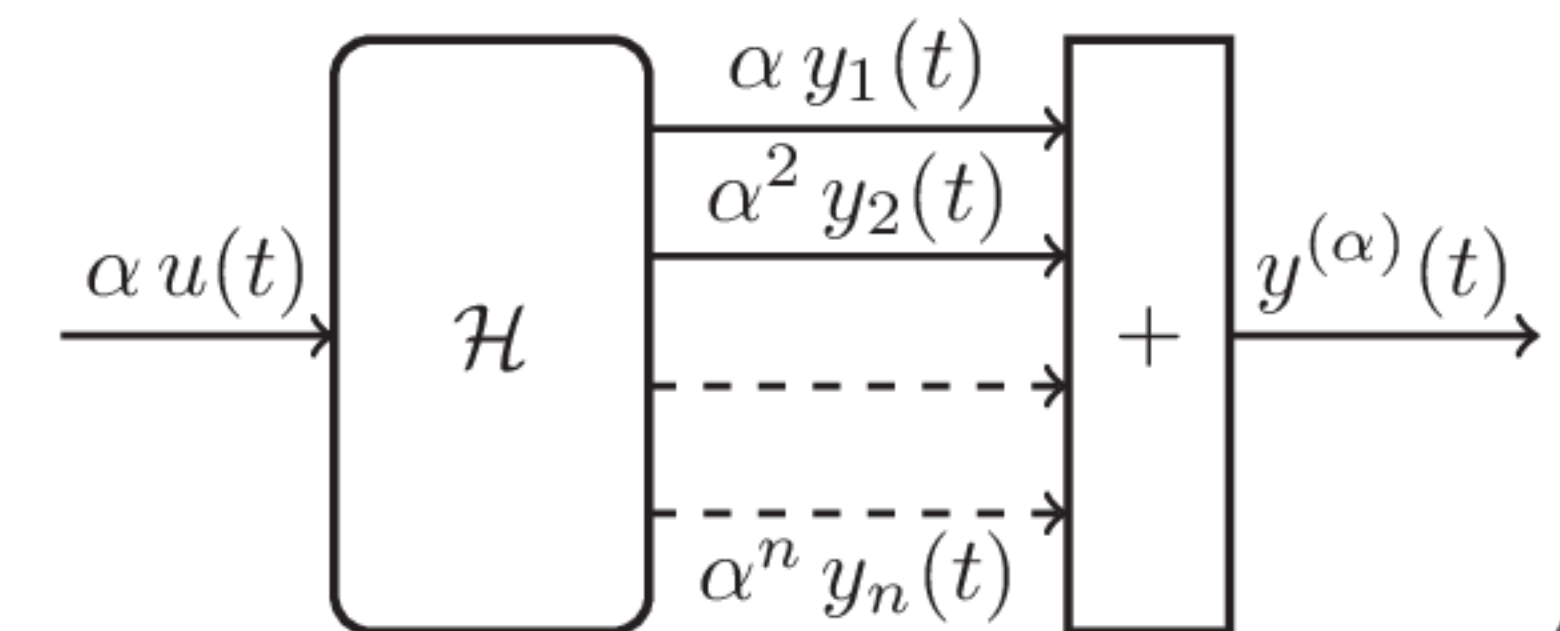
	Systemes lineaires	Fonctions instantanées
Méthode	Fonction de transfert $H(f) = Y(f)/U(f)$	Moindre carrés pour trouver les a_n
Validité conditionnée par:	Large plage de fréquence \mathcal{D}_f	Large plage d'amplitude \mathcal{D}_a

Pour les Séries de Volterra:

- Difficulté de conception d'une entrée qui parcourt tout $\mathcal{D}_f \times \mathcal{D}_a$
- Beaucoup de travaux sur l'identification [3, 4], mais pas de méthodes générales et robustes

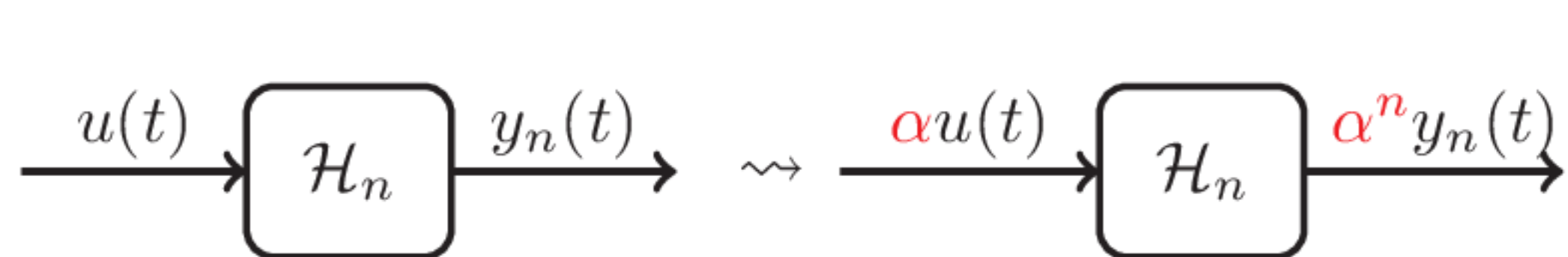
Découpage en sous-problèmes :

1. Séparation des y_n (ordres de non-linéarités)
2. Identification des noyaux h_n



4. Séparation des ordres homogènes d'une non-linéarités

Un système \mathcal{H}_n est homogène d'ordre n en l'entrée si:



Le facteur α peut donc servir de marqueur pour séparer les différents ordres y_n .

$$\begin{bmatrix} y^{(\alpha_1)} \\ y^{(\alpha_2)} \\ \vdots \\ y^{(\alpha_N)} \end{bmatrix} (t) = \underbrace{\begin{bmatrix} \alpha_1 & \alpha_1^2 & \dots & \alpha_1^N \\ \alpha_2 & \alpha_2^2 & \dots & \alpha_2^N \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \alpha_N & \alpha_N^2 & \dots & \alpha_N^N \end{bmatrix}}_{\mathbf{A}} \cdot \underbrace{\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_N \end{bmatrix}}_{\mathbf{Y}} (t) \quad \text{où} \quad \begin{cases} \Psi: \text{vecteur des sorties pour différents } \alpha \text{ (mesuré)} \\ \mathbf{Y}: \text{vecteur des ordres homogènes de non-linéarités (voulu)} \\ \mathbf{A}: \text{matrice de mixage (connu)} \end{cases}$$

Séparation par amplitude [Boyd et al., 1983]

$\alpha_i \in \mathbb{R}^+$, tous différents $\Rightarrow \mathbf{A}$ inversible. Mais :

- méthode très sensible au choix des amplitudes α_i :
 - trop petites \rightsquigarrow les mesures sont noyées dans le bruit
 - trop grandes \rightsquigarrow perte de la convergence (grosse erreur de troncature)
 - \mathbf{A} mal conditionnée lorsque l'ordre N augmente \rightsquigarrow erreurs numériques
- Utilisable difficilement même pour séparer les (2 ou 3) premiers ordres.

Notre idée : Séparation par phase

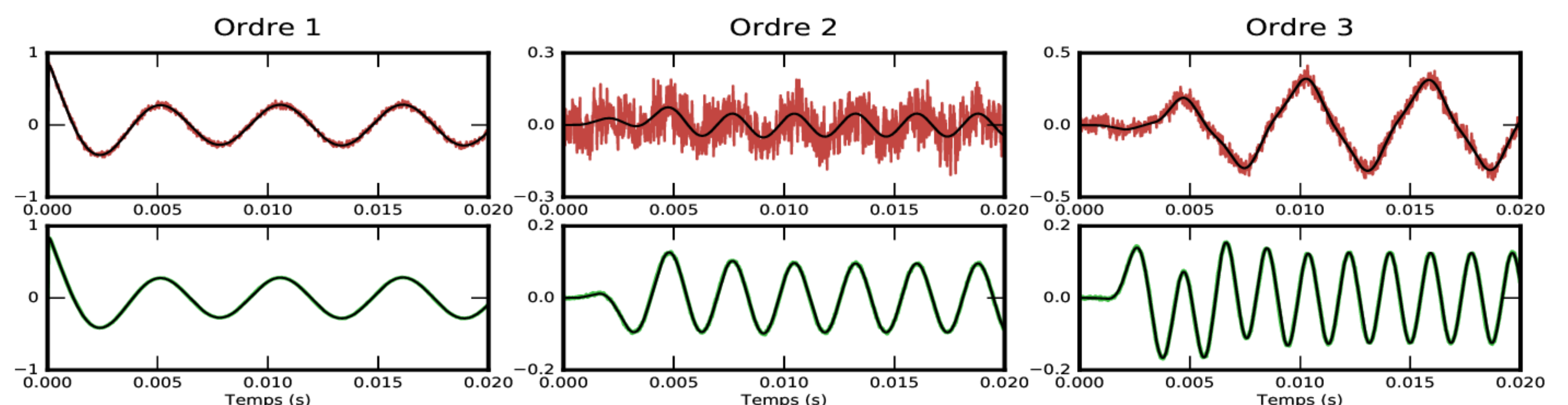
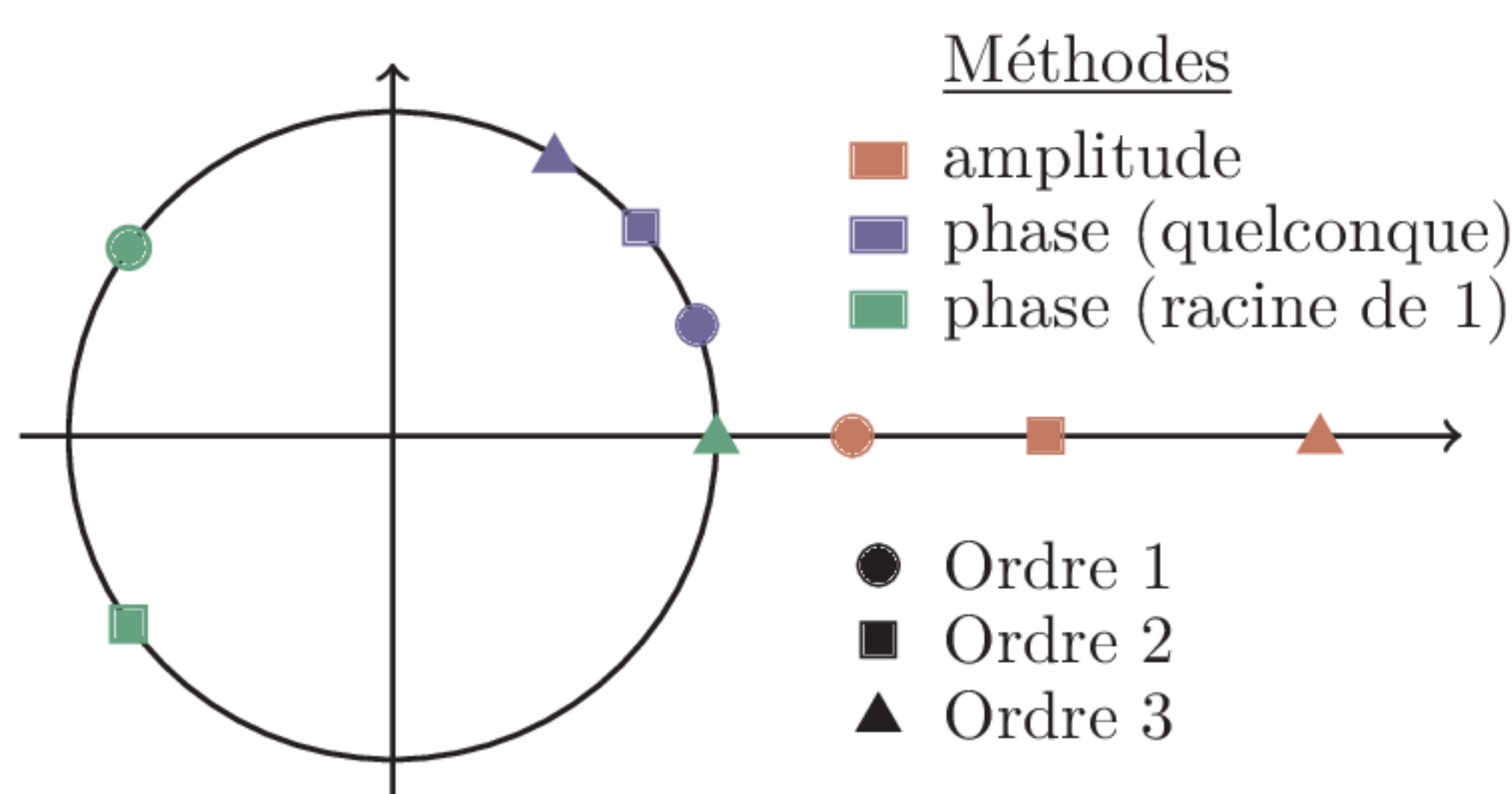
Principe exposé sur des signaux complexes ($\alpha_i \in \mathbb{C}$).

Choix: si $\alpha_i \equiv$ racines de l'unité alors

- \mathbf{A} est la matrice de la Transformée de Fourier Discrète (sur les ordres)
- \mathbf{A} inversible et bien conditionnée

Problème: en pratique, les signaux $\in \mathbb{R}$. Comment réaliser cette idée? Pour l'instant, l'utilisation de cette idée pour des $u(t) \in \mathbb{R}$ permet de séparer les 2 ordres supérieurs (N et $N - 1$).

Comparaison (avec simulation de la réponse d'un haut-parleur non-linéaire à une sinusoïde de 180Hz)



Conclusion et perspectives

- L'identification de systèmes non lineaires est un problème complexe.
- Proposition d'une méthode de séparation robuste en complexe, basée sur la phase.
- Portage en cours pour le cas des signaux réels (résultats intermédiaires intéressants).

Références

- [1] Martin Schetzen. *The Volterra and Wiener theories of nonlinear systems*. {John Wiley & Sons}, 1980.
- [2] Wilson John Rugh. *Nonlinear system theory*. Johns Hopkins University Press Baltimore, 1981.
- [3] Stephen Poythress Boyd. *Volterra series: Engineering fundamentals*. PhD thesis, University of California, Berkeley, 1985.
- [4] Francis J. Doyle, Ronald K. Pearson, and Babatunde A. Ogunnaike. *Identification and control using Volterra models*. Springer Science & Business Media, 2012.
- [5] Stephen Boyd, YS Tang, and Leon O Chua. Measuring volterra kernels. *Circuits and Systems, IEEE Transactions on*, 30(8):571–577, 1983.