



**HAL**  
open science

# Génération linéaire de trains impulsionnels triangulaires ou paraboliques à haut-débit

Christophe Finot

► **To cite this version:**

Christophe Finot. Génération linéaire de trains impulsionnels triangulaires ou paraboliques à haut-débit. 34<sup>èmes</sup> Journées Nationales d'Optique Guidée, Oct 2014, Nice, France. pp.186-188. hal-01066482

**HAL Id: hal-01066482**

**<https://hal.science/hal-01066482v1>**

Submitted on 8 Feb 2015

**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.

# GÉNÉRATION LINÉAIRE DE TRAINS IMPULSIONNELS TRIANGULAIRES OU PARABOLIQUES A HAUT-DÉBIT

**Christophe FINOT**

*Laboratoire Interdisciplinaire CARNOT de Bourgogne, UMR 6303 CNRS-Université de Bourgogne, 9 avenue A. Savary, BP 47870, 21078 Dijon Cedex*

[christophe.finot@u-bourgogne.fr](mailto:christophe.finot@u-bourgogne.fr)

## RÉSUMÉ

Nous démontrons théoriquement et expérimentalement la génération photonique de trains d'impulsions à 40 GHz ayant des profils temporels d'intensité paraboliques, triangulaires ou bien flat-top. Le passage d'une forme à l'autre se réalise en jouant simplement sur la phase optique relative d'un ensemble de 4 raies spectrales.

**MOTS-CLEFS** : *façonnage optique ; impulsions haut-débit.*

## 1. INTRODUCTION

Si l'obtention de trains d'impulsions de forme gaussienne ou sécante hyperbolique est aisément réalisable à partir de lasers conventionnels, il demeure par contre beaucoup plus délicat de générer des profils d'intensité paraboliques ou bien triangulaires. Plusieurs solutions ont dans ce contexte été proposées. Un premier axe de recherche repose sur le façonnage spectral linéaire en amplitude et phase d'impulsions picosecondes [1]. Ce façonnage peut être réalisé par un réseau de Bragg fibré, par l'intermédiaire d'un masque d'amplitude et phase placé au centre d'un montage 4-f, ou bien encore par l'utilisation d'un dispositif acousto-optique. Une seconde voie repose sur le façonnage dit non-linéaire où l'interaction entre la dispersion normale et l'auto-modulation de phase introduite par la non-linéarité Kerr d'une fibre est exploitée pour sculpter les profils temporels et spectraux [2]. Une dernière possibilité notamment développée dans le contexte de la photonique micro-onde repose sur l'utilisation d'une combinaison de modulateurs optiques.

Nous démontrons ici la génération de profils variés en jouant sur un unique paramètre, la phase relative entre quelques raies spectrales. Après avoir discuté théoriquement notre approche, nous décrirons sa mise en œuvre expérimentale et les résultats enregistrés à une cadence de 40 GHz.

## 2. MISE EN FORME LINÉAIRE D'UN SIGNAL PÉRIODIQUE

Notre objectif est de réduire au maximum la complexité d'une mise en forme spectrale linéaire. La manière la plus répandue de déterminer une fonction de transfert à appliquer est d'effectuer le rapport entre la forme cible complexe et le champ caractérisant l'impulsion initiale. Cette méthode est très exigeante dans le sens où elle impose non seulement le profil d'intensité temporel, mais également le profil de phase. Bien souvent, dans le cas d'un signal périodique, l'ajustement des propriétés de près d'une dizaine de raies spectrales est ainsi requis pour obtenir un résultat satisfaisant.

Si prendre en compte seulement deux raies ne peut donner qu'un signal sinusoïdal, une modification significative du profil d'intensité temporel peut apparaître dès la prise en compte de trois ou quatre raies régulièrement espacées d'une fréquence  $f$  et disposées symétriquement de part et d'autre d'une fréquence centrale  $\Omega$ . Afin de réduire le nombre de paramètres dans notre analyse, nous décrirons ces configurations par seulement deux variables (voir illustration Fig. 1a) : l'atténuation des raies latérales par rapport aux raies centrales  $A^2$  et le déphasage  $\varphi$  entre ces raies. Sur la Fig. 1c, nous varions systématiquement ces paramètres et caractérisons le profil d'intensité temporel à travers son kurtosis normalisé (excès d'aplatissement). La large amplitude de variation de cette caractéristique révèle que des profils très différents peuvent être synthétisés.

Pour déterminer avec une meilleure précision les paramètres à sélectionner pour générer des trains d'impulsions paraboliques, nous calculons le facteur de misfit vis-à-vis d'une cible

parabolique [2]. Pour  $A^2 = 12.3$  dB et  $\varphi = 1.94$  rad, un désaccord aussi faible que 0.02 est atteint dans le cas de 4 raies (voir Fig. 1d). Pour trois raies, les désaccords sont par contre plus conséquents. Les plus grandes possibilités offertes par la configuration à 4 raies s'expliquent par le fait que le spectre RF associé dispose alors de davantage de composantes (voir Fig. 1b).

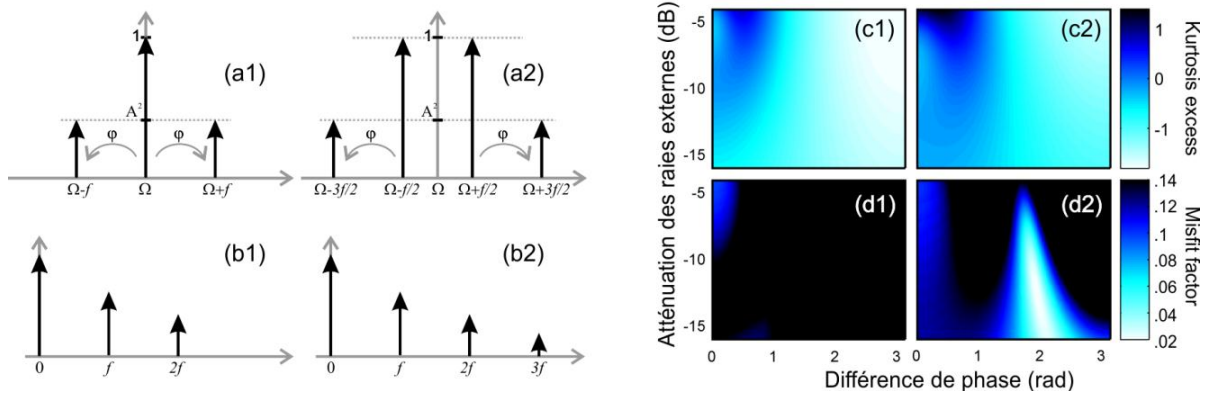


Fig. 1 : (a) Spectres optiques et (b) radio-fréquence. (c) Kurtosis normalisé et (d) facteur de misfit en fonction de l'atténuation des bandes latérales  $A^2$  et de leur déphasage  $\varphi$ . Les configurations à trois et quatre bandes sont respectivement décrites par les panneaux (1) et (2).

Le détail du profil temporel alors obtenu est représenté Fig. 2a1 où nous constatons la grande qualité du train parabolique. Nous notons néanmoins que les impulsions ne sont pas en limite de Fourier. Une démarche similaire a été conduite pour un train triangulaire (Fig. 2a2) pour laquelle les paramètres optimaux trouvés sont  $A^2=9.9$  dB et  $\varphi=1.55$  rad. De manière intéressante, nous avons constaté qu'à une atténuation  $A^2 = 12$ dB, des impulsions triangulaires d'une qualité tout à fait acceptable pouvaient numériquement être générées, de même que d'autres profils atypiques comme des impulsions paraboliques inversées ou bien des impulsions à sommet aplati (voir Fig. 2b).

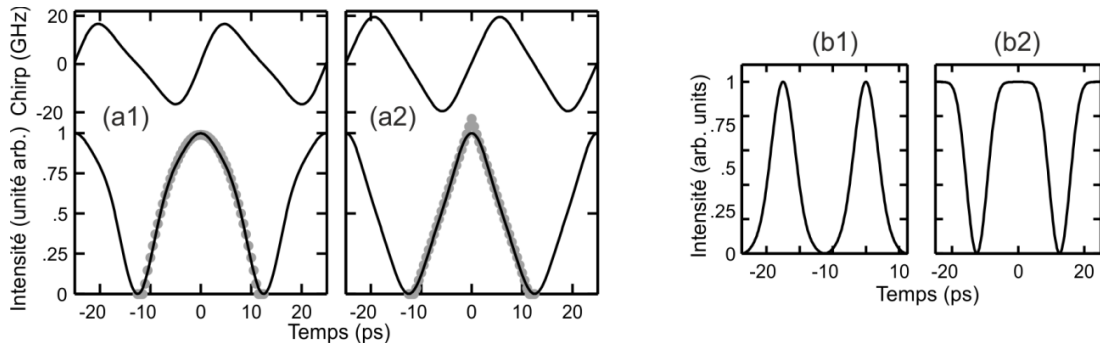


Fig. 2 : (a) Profil temporels d'intensité et de chirp d'une impulsion parabolique (a1) et triangulaire (a2). Les ajustements par une parabole et un triangle parfaits sont représentés par des cercles gris. (b) Profil d'intensité parabolique inversé et flat-top obtenus pour une atténuation de 12 dB et des déphasages de 2.30 et 0.70 rad.

### 3. RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

Le montage expérimental mis en œuvre est entièrement fibré et est schématisé par la Fig. 3a. Une diode laser continue émettant à 1550 nm est modulée en phase par un signal électrique sinusoïdal à 20 GHz. Le spectre élargi résultant est représenté Fig. 3b1 et présente une structure de peigne avec des raies séparées de 20 GHz. Ce spectre est ensuite façonné par un filtre programmable [1] permettant de jouer simultanément sur l'amplitude et la phase spectrale des différentes composantes. Grâce à ce dispositif, nous avons réalisé plusieurs opérations

simultanément. La première a été d'isoler à partir du peigne les 4 composantes spectrales souhaitées. Pour cela, nous avons notamment éliminé une composante spectrale sur deux, doublant en conséquence le taux de répétition à 40 GHz. La seconde étape a été d'imposer une atténuation et un déphase optiques adéquats entre les raies significatives restant. Le spectre optique obtenu après ce traitement est représenté Fig. 3b2 alors que le profil d'intensité temporel est lui enregistré par un oscilloscope à échantillonnage optique ayant une résolution picoseconde.

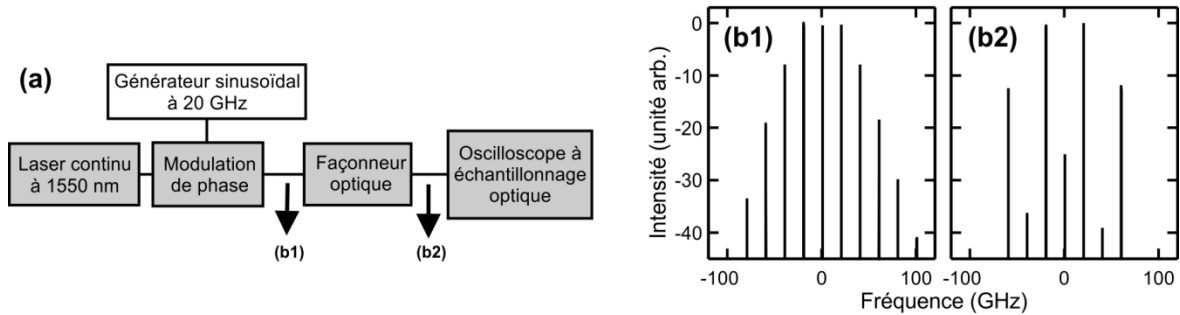


Fig. 3 : (a) Montage expérimental mis en œuvre. (b1) Peigne de fréquences obtenu après modulation de phase. (b2) Spectre mis en forme.

Nous observons sur la Fig. 4 que l'expérience menée confirme totalement les conclusions théoriques de la Fig. 2. Ainsi, nous avons pu démontrer expérimentalement la génération de trains d'impulsions paraboliques, triangulaires et flat-top de grande qualité. Le fonctionnement de l'expérience s'est montré particulièrement stable et reproductible. Le changement de forme a pu se réaliser en modifiant uniquement le déphase entre les composantes latérales et centrales.

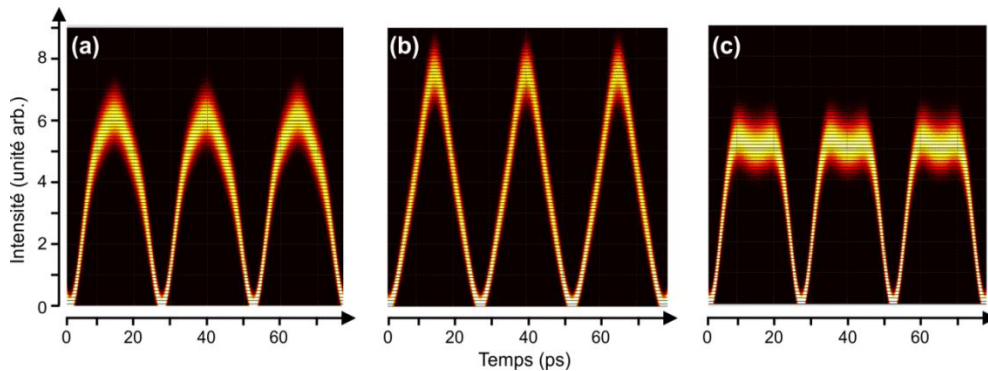


Fig. 4 : Profils temporels d'intensité du train mis en forme à 40 GHz enregistrés sur un oscilloscope à échantillonnage optique. (a) Profil parabolique. (b) Profil triangulaire. (c) Profil à sommet aplati.

#### 4. CONCLUSION

Nous avons démontré expérimentalement un générateur de fonctions optiques reconfigurable en jouant sur un seul paramètre, la phase optique relative entre 4 raies spectrales. La réalisation aisée de profils parabolique ou triangulaires à 40 GHz facilitera la mise en œuvre efficace de fonctions optiques avancées de traitement du signal telles que la conversion de fréquence, la resynchronisation, la conversion temps/fréquence...

#### RÉFÉRENCES

- [1] A. M. Clarke, *et al.*, "Reconfigurable Optical Pulse Generator Employing a Fourier-Domain Programmable Optical Processor," *J. Lightw. Technol.*, vol. 28, pp. 97-103, Jan 2010.
- [2] S. Boscolo and C. Finot, "Nonlinear pulse shaping in fibres for pulse generation and optical processing," *International Journal of Optics*, p. 159057, 2012.