

Conservation de l'énergie dans l'automodulation de phase : pourquoi $n_2 > 0$

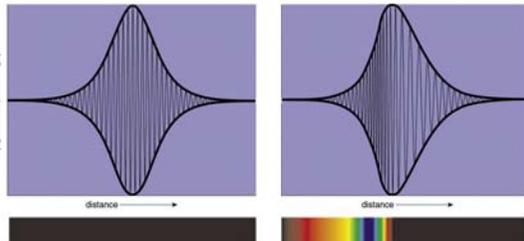
P. Béjot¹, J. Kasparian²

1. Laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne, UMR 6303 CNRS/Université Bourgogne Franche-Comté, 21078 Dijon, France

2. Université de Genève, Groupe de physique appliquée et Institut des Sciences de l'environnement, CH-1211 Genève 4, Suisse

Le problème

Automodulation de phase

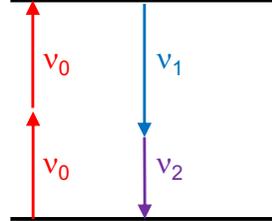


J.K., American Scientist 94, 150 (2006)

$$hv_1 > hv_0 \quad hv_2 < hv_0$$

hv_1 et hv_2 non simultanés : énergie non conservée à chaque t

Mélange à 4 ondes



$hv_1 + hv_2 = 2 hv_0$
 hv_1 et hv_2 simultanés
 Nombre de photons conservé
 Énergie conservée à chaque t

Mélange à 4 ondes

Propagation :

$$\frac{dE(t)}{dz} = 2ik_0\epsilon_0cn_2E(t)^3$$

Envelope lentement variable :

$$E_0(t) \approx E_0(t_0) + (t - t_0)E'_0(t_0)$$

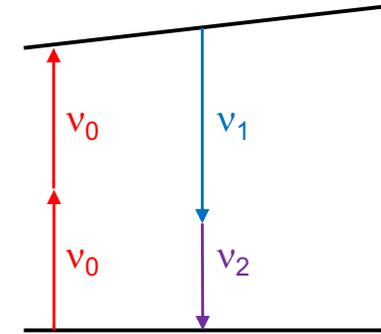
Apparition d'une dépendance spectrale !

$$I(\Delta\omega, t_0, dz) \propto e^{-\frac{\tau^2}{2}\Delta\omega^2} \times$$

$$\left(\frac{1}{2} - 3C_{NL}E_0(t_0)E'_0(t_0)\Delta\omega dz\right)$$

$$\Delta\omega_{pic}(t_0) = -k_0n_2I'_0(t_0)dz$$

Cf. automodulation de phase !



$$hv_1 + hv_2 \neq 2 hv_0$$

Idem spatialement (effet Kerr) :

$$\Delta k_{\perp} = 3k_0n_2\|\vec{\nabla}I_0\|dz$$

P.B. et J.K., PRA 97, 063835 (2018)

Automodulation de phase

La clé : prendre en compte la phase de la polarisation !

$$P^{(3)}(t) = P_0^{TH}(t) \left(e^{i(3\omega t - kz) - \phi^{TH}} + c.c. \right) + P_0^{SPM}(t) \left(e^{i(\omega t - kz - \phi^{SPM})} + c.c. \right)$$

Propagation :

$$\frac{d^2P^{(3)}}{dt^2} + \omega_e^2 P^{(3)} = \frac{N^4 e^5}{m\epsilon_0^3} \frac{\chi^{(3)}}{\chi^{(1)^4}} P^{(1)^3}(t)$$

La polarisation de 3ème ordre est déphasée de

$$\phi^{SPM} = \frac{4\omega}{\omega_e^2 - \omega^2} \frac{dI}{I(t)dt}$$

Transfert d'énergie vers le milieu :

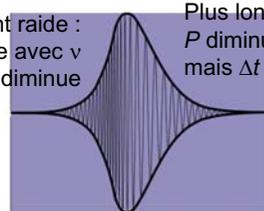
$$\langle P^{SPM} \rangle(t) \approx \frac{3n_2 I}{n_0 c} \frac{dI}{dt}$$

Description alternative

$$\chi_{eff}^{(SPM)} = \chi^{(3)} e^{i\phi^{SPM}}, n_{2,eff}^{SPM} = n_2 e^{i\phi^{SPM}}$$

Lien avec le self-steepening

Front raide : P augmente avec v mais Δt diminue
 Plus long : P diminue avec v mais Δt augmente



Conclusion

Stockage transitoire d'énergie dans le milieu de propagation
 $n_2 > 0$, sauf si autre source d'énergie : absorption, etc.

Mélange à 4 ondes :
 • décalage spectral si dI/dt
 • décalage spatial si gradient d'intensité