

## Devoir 3 / Analyse des ressources du MOOC « Optique non-linéaire »

[https://www.france-universite-numerique-mooc.fr/courses/Polytechnique/03001/Trimestre\\_1\\_2014/about](https://www.france-universite-numerique-mooc.fr/courses/Polytechnique/03001/Trimestre_1_2014/about)

### Ressources

La majorité des ressources provient de l'équipe pédagogique : qu'il s'agisse des cours, des travaux dirigés ou des illustrations pratiques.

#### Cours préexistant

On trouve, accessibles sur Internet, divers éléments élaborés par le professeur responsable du Mooc : cours qui sont chaque année mis à jour (document Latex) et présentations de diapositives pour des stages. On citera :

- Manuel Joffre : *Optique non-linéaire en régimes continu et femtoseconde*  
École Polytechnique - École Normale Supérieure - Université Pierre et Marie Curie -  
Université Paris Sud / Master Physique et Applications - seconde année (M2)  
Spécialité : Concepts Fondamentaux de la Physique / (Fév. 2009 & Fév. 2014)
- Manuel Joffre : *Lasers femtosecondes : principes et applications en physique, chimie et biologie*  
École doctorale de physique de la région parisienne / Cours d'école doctorale  
(mai-juin 2006)
- Manuel Joffre : *Optique non-linéaire et optique quantique*  
Optique non-linéaire (mars-avril 2012)  
[www.enseignement.polytechnique.fr/profs/physique/Manuel.Joffre/onl/](http://www.enseignement.polytechnique.fr/profs/physique/Manuel.Joffre/onl/)

Ces documents ne sont pas cités dans le Mooc. On les trouve par de simples recherches sur les moteurs classiques. Ils sont d'un niveau qui dépasse souvent le Mooc et ont été prévus pour un cadre tout à fait différent, où la présence réelle du professeur devait permettre de compléter ou d'adapter les explications.

#### Cours proprement dit

Il est principalement constitué de vidéos (environ 80 vidéos (mp4) sur les 9 semaines de cours).

On trouve ensuite :

- 9 séries de diapositives de cours (pdf) ;
- 6 énoncés de TD (pdf) ;
- Quiz (pour les vidéos, certains TP et les deux examens) ;
- 1 fichier (sci), donnant des programmes pour certains calculs sur SciLab ;
- 1 lien avec un article de référence (lien supprimé quelque temps après sa publication : problème de droits ?) ;
- des citations d'articles publiés dans des revues spécialisées en physique ou en optique.

## Fond

Cours, TD et TP s'enchaînent et les références (internes au Mooc) sont multiples :

- d'un cours au cours précédent ;
- d'un TD au cours ;
- d'un TP au cours.

Le cours pourra être réutilisé (tant que les supports informatiques pourront être lus !) car son contenu (théorie et applications) est suffisamment établi pour qu'il ne prête pas à contestation.

## Forme

**Vidéos** : 14 h 23 min sur 9 semaines, soit environ **1h30 par semaine**

(dont 82% de cours, 14% de corrigés de TD et 4% d'illustrations expérimentales (TP, pour simplifier))

	<i>minimum</i>	<i>maximum</i>	<i>moyenne</i>
Cours	3 min 27 s	17 min 19 s	10 min 9 s
Corrigé TD	11 min 9 s	27 min 3 s	19 min 33 s
TP	1 min 35 s	5 min 35 s	4 min 8 s

*Durée des vidéos présentées dans le cours « Optique non-linéaire »*

### 1) Exemples de copies d'écran de vidéos « Cours »



❶ Le professeur (Manuel Joffre) est assis. Le cadre est apparemment celui d'un studio (rideau noir en arrière-plan). La présentation est faite à la tablette numérique. Micro-cravate pour la prise de son. Des éléments non identifiés en bas à gauche (souris ?) et en bas à droite

(pupitre ?). Ce genre de plan est toujours de durée très limitée. Il est utilisé généralement dans l'introduction d'un chapitre.

**Spectre d'absorption ( $\alpha(\omega)$ ) et d'indice ( $n(\omega)$ )**

$$n(\omega) \approx 1 + \frac{1}{2} \text{Re } \chi(\omega) \quad \alpha(\omega) \approx \frac{\omega}{c} \text{Im } \chi(\omega) \quad \chi(\omega) = - \sum_{nm} \frac{C_{nm}}{\omega - \omega_{nm} + i\Gamma_{nm}}$$

② Le professeur apparaît dans la vignette. Il y a synchronisation entre :

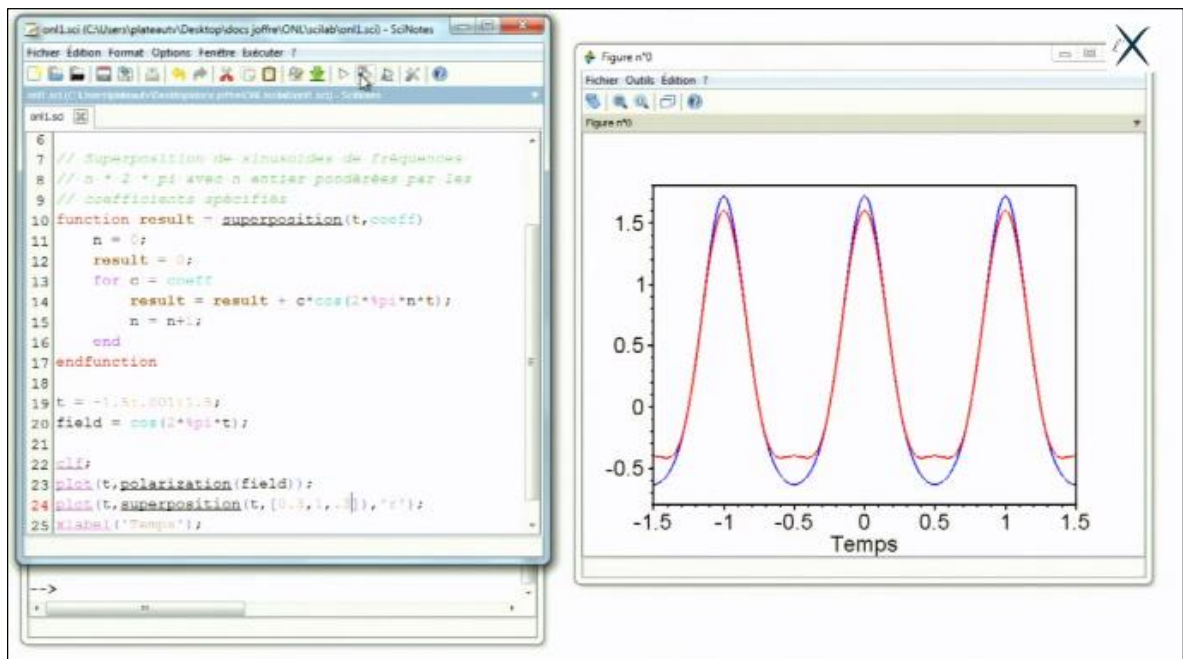
- ce qu'il dit : il présente la partie linéaire de la courbe (en rouge) qui donne, en ordonnée, l'indice de réfraction  $n$  en fonction, en abscisse, de la pulsation  $\omega$ .
- la petite main sur l'écran qui montre la portion de courbe concernée ;
- le geste du professeur qui pointe l'endroit sur sa tablette.

**Rayonnement aux fréquences harmoniques**

$$\mathcal{E}_R(\vec{r}, t) \propto -z \frac{\partial \mathcal{P}(\vec{r}, t)}{\partial t}$$

③ Dans cet exemple – et dans la suite du cours – la petite main a disparu, remplacée par un spot vert qui désigne la grandeur considérée (« E rond de r et de t », etc.). Comme dans

l'exemple précédent, il y a triple synchronisation entre le son, le pointage et le geste du professeur dans la vignette.



④ Présentation d'un écran d'ordinateur avec deux fenêtres du logiciel SciLab :

- à gauche, la programmation de la fonction « superposition » et les instructions « plot » de tracé de deux courbes ; le curseur (trait vertical) apparaît sur l'avant-dernière ligne, là où le professeur est en train de modifier des données numériques.
- à droite, les deux courbes : la **sinusoïde en bleu** et une **approximation par développement de Fourier en rouge**.

*Le professeur est particulièrement à l'aise. Son ton est sérieux. La richesse du contenu et la concentration nécessaire dans ses explications font qu'il n'y a pas besoin de fioritures de sa part. Ses mouvements sont ainsi tout à fait adaptés : écrire, montrer et souligner, s'adresser à l'interlocuteur pour introduire ou conclure.*

## 2) Exemples de copies d'écran de vidéos « Corrigés de TD »



### ① & ②

L'écran de contrôle de ce qui est écrit sur la tablette est décentré par rapport à la caméra. D'où le va et vient du regard du correcteur du TD : écran (1<sup>ère</sup> image), auditeur (2<sup>ème</sup> image).

Sur la première copie d'écran, le correcteur s'applique, car l'écriture numérique n'est pas évidente à contrôler.

Sur la seconde copie, il a arrêté d'écrire et s'adresse, plus détendu, à l'auditeur virtuel.

Le rideau de fond indique que la scène est tournée « en studio ».

$$f(t) = a e^{-t^2/2\tau^2} \quad \times$$

$$\frac{df}{dt} = a \left( \frac{-2t}{2\tau^2} \right) e^{-t^2/2\tau^2} = -\frac{t}{\tau^2} f(t)$$

$$\left| \frac{df}{dt} + \frac{it}{\tau^2} f(t) = 0 \right|$$

$-i\omega f(\omega)$

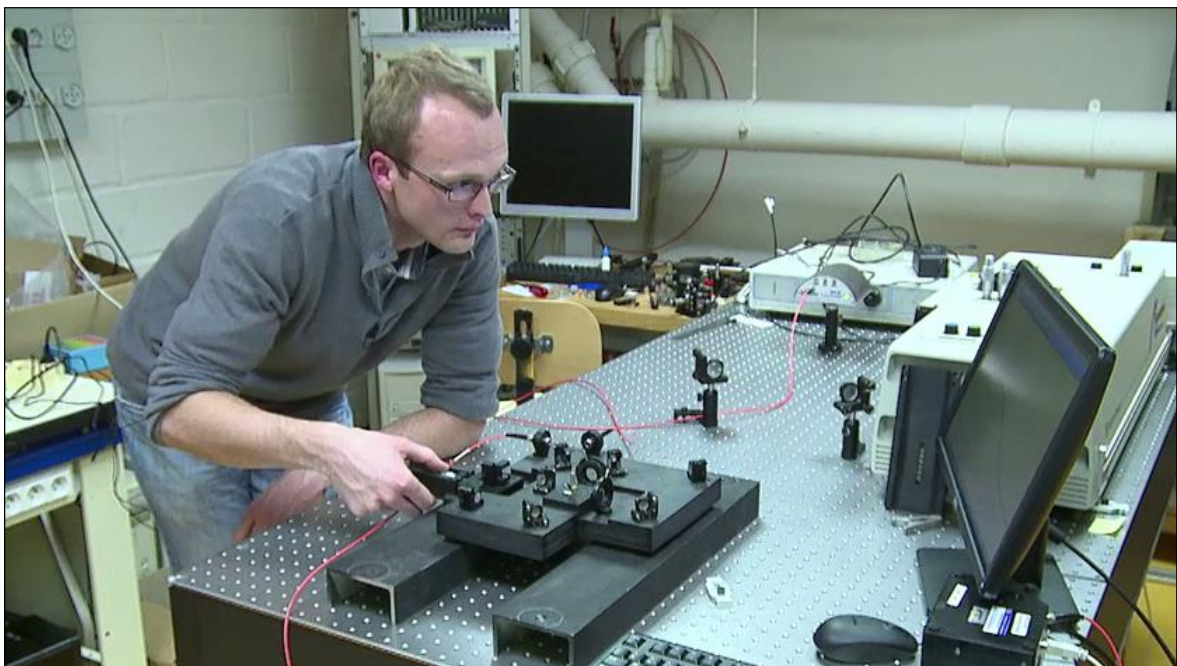
$f(t) \longleftrightarrow f(\omega)$   
 $\frac{df(t)}{dt} \longleftrightarrow (-i\omega) f(\omega)$   
 $it f(t) \longleftrightarrow \frac{df}{d\omega}$

③ Extrait du corrigé vidéo du premier TD.

Le corrigé se fait de façon linéaire, de gauche à droite et de haut en bas. Il est donc facile à suivre. Les soulignements, avec éventuel changement de couleur (rouge, bleu) permettent de fixer l'attention sur une partie des calculs. Les rappels de cours (passage de l'espace des temps à celui des fréquences par transformation de Fourier) ont été faits en rouge sur la partie droite de la feuille. La transformation de l'équation différentielle, pour faire apparaître  $it f(t)$  au numérateur du second terme, a été faite avec changement de couleur ( $i$ ). Toutes ces techniques de codage sont celles que l'on utilise habituellement sur un tableau classique avec les craies ou les feutres de couleur.

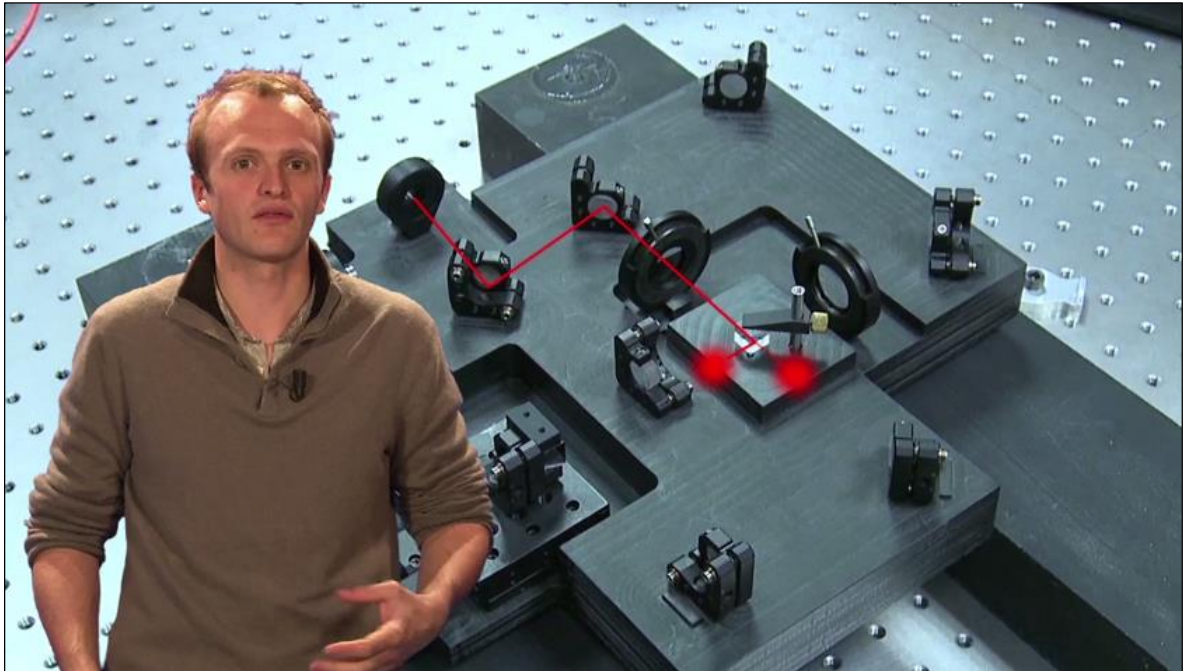
Là encore, la synchronisation son-image est parfaite.

### 3) Exemples de copies d'écran de vidéos « Illustrations expérimentales »



❶ Pour les TP, il n'y a pas d'ambiguïté. Il s'agit d'une salle bien réelle avec, en arrière-plan, la tuyauterie, des tableaux électriques, une chaise de bois avec son dossier réglable, etc. Vincent Kemlin est en train d'ajuster la longueur d'un bras d'un interféromètre en traduisant un miroir plan. Le contraste des franges d'interférences observées sur l'écran permet l'optimisation de ce réglage.

La scène est simplement filmée en respectant le cadrage strictement nécessaire (manipulateur, manip, écran).



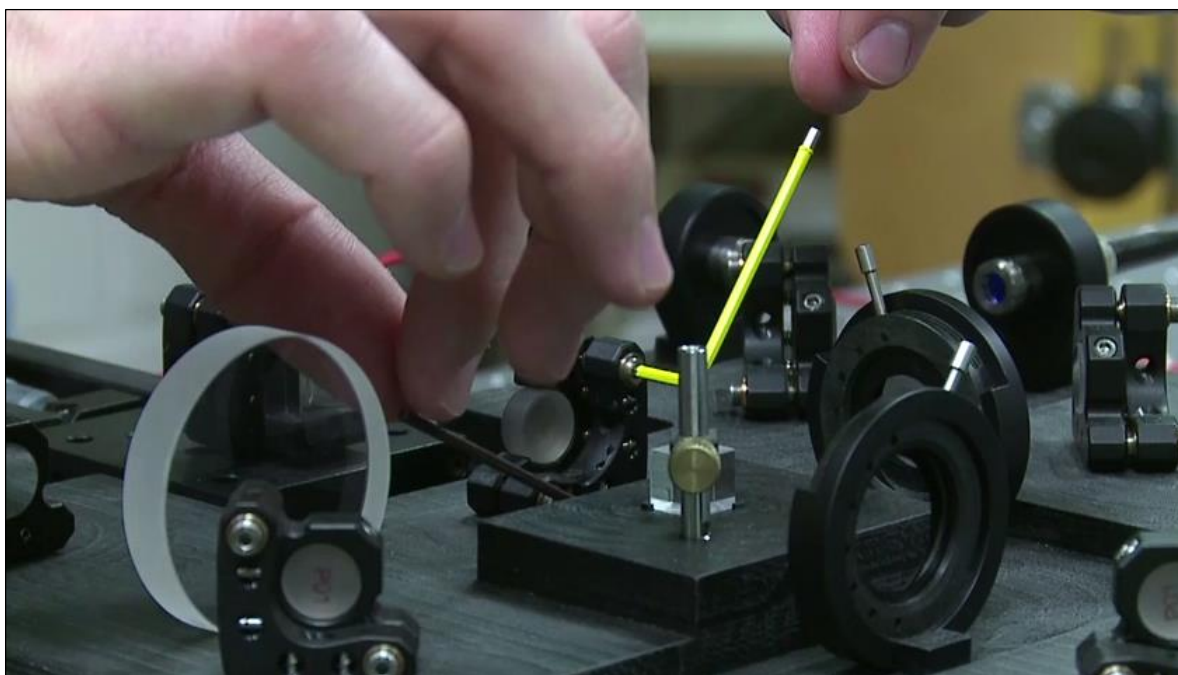
❷ Dans cette copie d'écran, trois éléments sont mis en relation :

- Le présentateur du TP (Vincent Kemlin), filmé sur fond vert (ou bleu) s'adresse frontalement à celui qui regarde la vidéo. D'un point de vue technique, le détournement des cheveux au sommet du crâne ne semble pas bien réussi ; par contre, le rendu « chair » est plus agréable que celui de l'image précédente, où le teint semblait un peu « blafard ».
- La manip, filmée séparément, est présentée en gros plan.
- Un tracé en rouge est incrusté de façon dynamique pour montrer la trajectoire du faisceau laser. Sur l'exemple, le faisceau vient de traverser un cube séparateur qui l'a divisé en deux sous-faisceaux. Les spots ne sont là que pour désigner l'extrémité des deux faisceaux.

En regardant la vidéo, on peut constater la bonne synchronisation entre ce que dit le présentateur de la manipulation et le cheminement dynamique du faisceau. Le son est de bonne qualité et parfaitement audible, comme dans toutes les vidéos de ce cours.

☞ Remarque

Dans le devoir n°2, j'avais fait une analyse, seconde par seconde, d'une autre séquence vidéo de TP, où la synchronisation entre texte et mouvement du faisceau n'était pas toujours parfaite.



③ Les gros plans sont particulièrement soignés. Ici, le réglage de l'orientation d'un miroir plan est précisément analysé : deux clés Allen sont nécessaires. Le réglage final se fait en tapotant, de haut en bas, pouce et index appuyés l'un contre l'autre, sur l'extrémité de la clé noire.

*L'assistant pour les TD et TP semble un peu intimidé (cela se ressent de temps en temps dans sa voix et son attitude), mais il maîtrise bien son discours. Il n'improvise pas et ne lit apparemment pas de prompteur. Toutefois, il est parfois amené à contrôler ce qu'il écrit sur un écran, décentré par rapport à l'axe de la prise de vue.*

*Joseph Hormière / 7 juin 2014*