

# Les apports de l'informatique aux nouveaux programmes de terminale S en optique

par Gérard SERRA, Michel TROPIS et Claude BOUYSSSET  
I.D.E.A.O. - Laboratoire des Méthodes Modernes de l'Enseignement  
Université Paul Sabatier - 118, route de Narbonne - 31000 Toulouse

---

## MOTS CLÉS

Travaux pratiques. Scanner à main. Barrette CCD. Diffraction. Interférences.

## LOGICIEL UTILISÉ

**Lit\_BMP** : réalisation de l'auteur.

## MATÉRIEL NÉCESSAIRE

Compatible PC, VGA, une souris (facultative) rend les manipulations plus intuitives ; imprimante et scanner à main (pour le professeur).

Un montage est nécessaire pour positionner correctement le scanner par rapport à la figure de diffraction.

## 1. INTRODUCTION

### 1) Analyse des nouveaux programmes de terminale S

#### III.2. Enseignement de spécialité : images et communication

##### 1. Formation optique d'une image

### *Activités expérimentales*

Illustrer l'effet de la diffraction sur la formation d'une image.

### *Compétences exigibles*

Montrer expérimentalement l'effet de la diffraction sur la formation d'une image.

### ***Approfondissements***

Limites à la résolution. Le phénomène de diffraction (aucun formalisme).

## **2. MESURE DE L'INTENSITÉ LUMINEUSE DANS UNE FIGURE DE DIFFRACTION À L'INFINI**

Lorsqu'on veut mesurer l'intensité relative des différentes raies d'une figure d'interférence ou d'une figure de diffraction, deux solutions s'offrent à nous :

- déplacer une photodiode avec un moteur pas à pas et enregistrer simultanément sa réponse,
- utiliser une barrette CCD avec une électronique appropriée pour recueillir sa réponse.

La deuxième solution est plus simple, mais en général ce matériel est inexistant dans le laboratoire.

Par contre pour un peu plus de 1 000 F. on peut acquérir un scanner à main dont l'intérêt n'est plus à démontrer. Or il est équipé de cette barrette ainsi que de l'électronique annexe.

Dans cette gamme de prix on trouve des dispositifs à 256 niveaux de gris (mesurant l'intensité lumineuse sur un octet soit 256 valeurs discrètes), sur une dizaine de centimètres de large, et avec une résolution de 400 points par pouce. La réponse est dans un fichier graphique BitMap (\*.BMP) qui peut s'afficher à l'écran, mais qui ne nous donne qu'une réponse qualitative sur la répartition de l'intensité lumineuse ! Reste à décrypter les informations contenues dans ce fichier sous forme d'octets.

## **3. PROGRAMME Lit\_BMP**

J'ai donc écrit un programme : Lit\_BMP, en Turbo Pascal, lisant ce fichier et affichant la figure d'interférence ou de diffraction, ainsi que la répartition de l'intensité lumineuse correspondante. Afin d'assurer sa compatibilité avec les cartes graphiques les plus courantes, je me suis limité à la norme VGA. De ce fait, la reconstitution de l'image à l'affichage et surtout au tirage sur papier subi une restriction de l'échelle de gris.

Dès son lancement le programme demande à l'utilisateur le nom et le chemin du fichier fourni par le scanner à la fin de la mesure.

Après lecture de ce fichier, il affiche ses caractéristiques :

- son nom et sa taille,
- la hauteur et la largeur de l'image,
- le nombre de niveaux de gris (nombre de bit par point) et vérifie son intégrité.

L'utilisateur peut modifier le choix de la ligne horizontale qui sert à tracer l'intensité en fonction de la position sur cette ligne. Il peut aussi obtenir le tracé de l'intensité moyennée sur l'ensemble des lignes contenues dans l'image. On élimine ainsi le «bruit» mais on introduit une altération du niveau maximal. Il reproduit sur l'écran l'image enregistrée précédemment et affiche le graphe donnant l'intensité lumineuse en chaque point. Sur une même verticale on a l'aspect dans le plan image et la mesure de l'intensité lumineuse correspondante.

#### 4. DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Le scanner peut restituer 400 points par pouce sur environ 10 cm. On a donc plus de 1 500 points si l'on réussit à avoir une image de diffraction de cette largeur. Dans la pratique une image de 500 points est tout à fait réalisable à condition de placer derrière la pupille diffractante une lentille convergente achromat de 1,5 m de focale. Pour déplacer le scanner dans son plan focal il faut prévoir un support transparent faisant avec lui un angle dièdre d'environ 5° avec le plan de l'image, afin que les rayons atteignant le miroir intérieur au scanner soient renvoyés sur la barrette C.C.D. J'ai déconnecté l'alimentation des D.E.L. à l'intérieur du scanner car leur lumière avait un effet indésirable sur le dépoli. Cette inclinaison est sans effet notable sur la qualité du résultat. La plomberie utilise de plus en plus le PVC et une lentille de 80 mm de diamètre trouve parfaitement sa place dans le manchon de raccord d'un tuyau de ce même diamètre. On peut l'immobiliser avec un tronçon de ce même tuyau après avoir vérifié que son axe optique est bien dans l'axe de ce dernier. Il ne reste plus qu'à rendre le support transparent solidaire de ce tuyau.

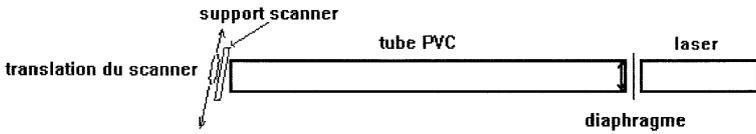


Figure 1 : Montage optique.

Si on rencontre une difficulté de réglage, un support dépoli à grain fin fait perdre un peu de résolution, superpose un bruit visible sur les tirages mais simplifie la mise au point. Afin d'éviter une granularité qui dégrade l'image, j'ai utilisé le papier calque pour typons de circuits imprimés. C'est ainsi que j'ai obtenu les résultats figurant dans cet article et je pense que l'absence de zéros d'intensité en est la conséquence.

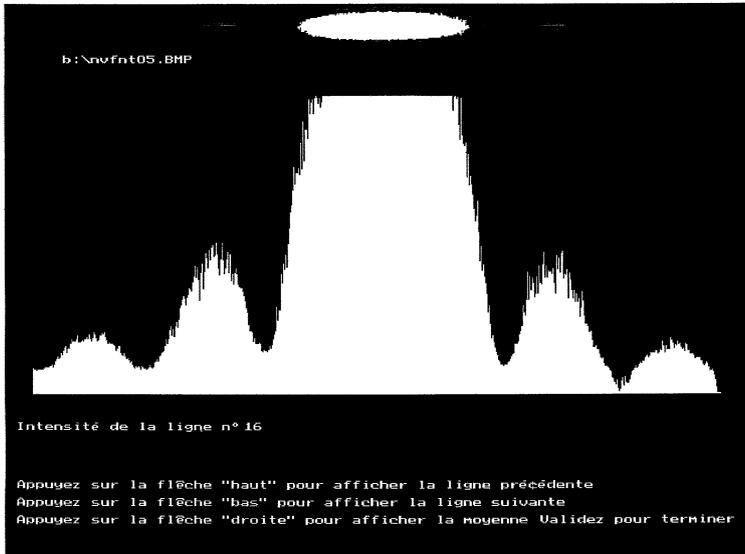
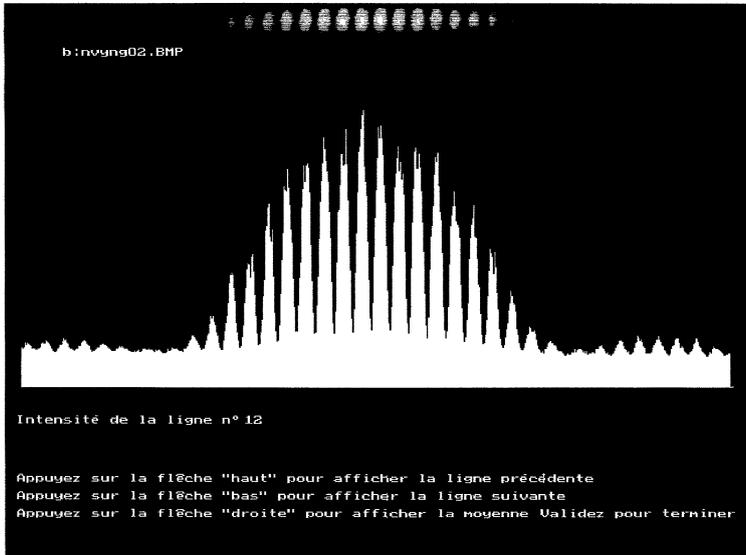
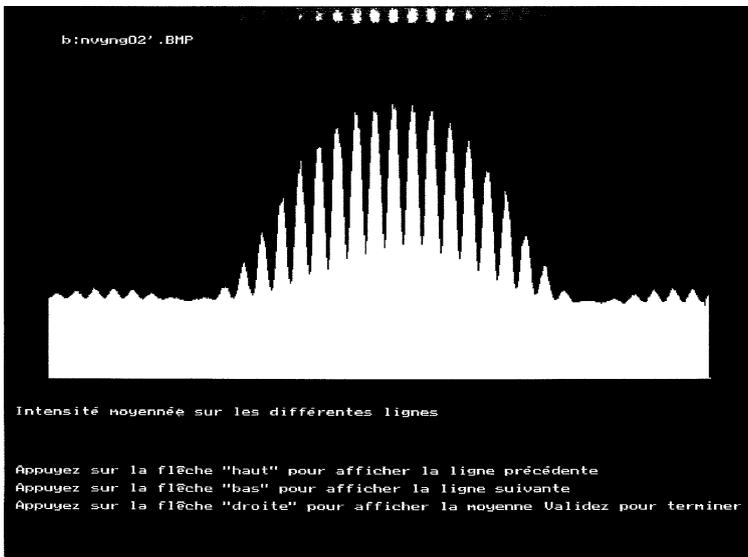


Figure 2 : Figure de diffraction à l'infini d'une fente.

Le document photocopié est distribué aux élèves afin qu'ils puissent mesurer la largeur de la frange centrale et la comparer à la largeur des autres franges. La mesure des interfranges montre l'influence de la longueur d'onde ou de la largeur de la fente. On peut alors discuter de l'importance relative des franges qui encadrent l'image géométrique. La mesure de l'intensité relative entre la première et la deuxième frange latérale montre l'influence qu'elles ont sur elle.



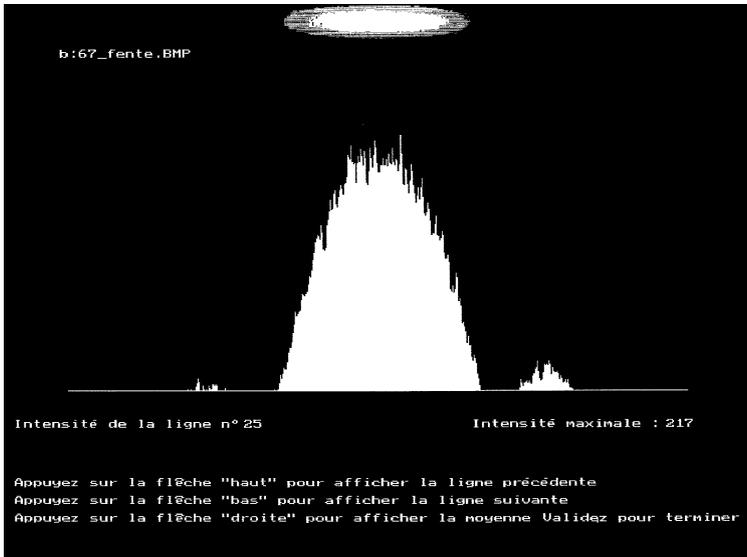
**Figure 3 :** Figure de diffraction à l'infini des fentes d'Young.



**Figure 4 :** Figure de diffraction à l'infini des fentes d'Young (intensités moyennées).

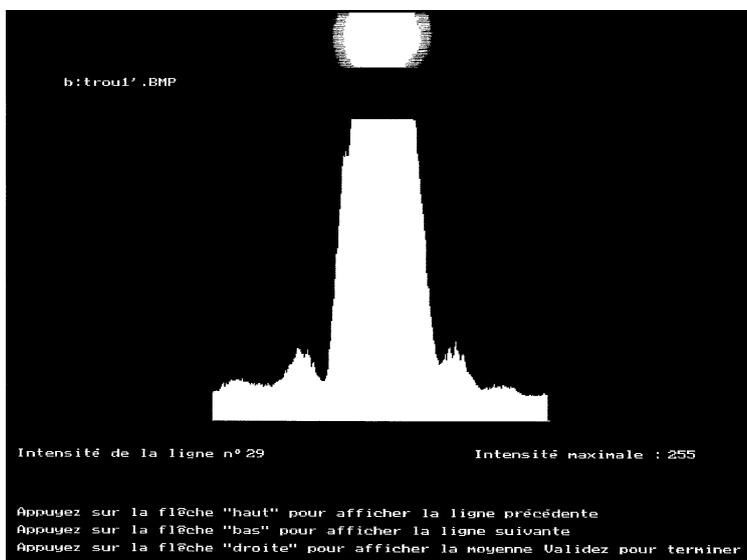
On procédera de même pour cette nouvelle figure d'interférence. Il est intéressant de retrouver le rapport de la largeur des fentes à celle de leur distance.

Compte tenu du fait que les intensités sont numérisées sur 256 valeurs discrètes, on ne peut les représenter toutes à la même échelle. Il ne faut pas perdre de vue que dans la figure de diffraction de Fraunhofer d'une fente on retrouve moins de 5 % de l'intensité lumineuse de la frange centrale, dans la frange latérale et moins de 1,5 % dans la frange suivante !

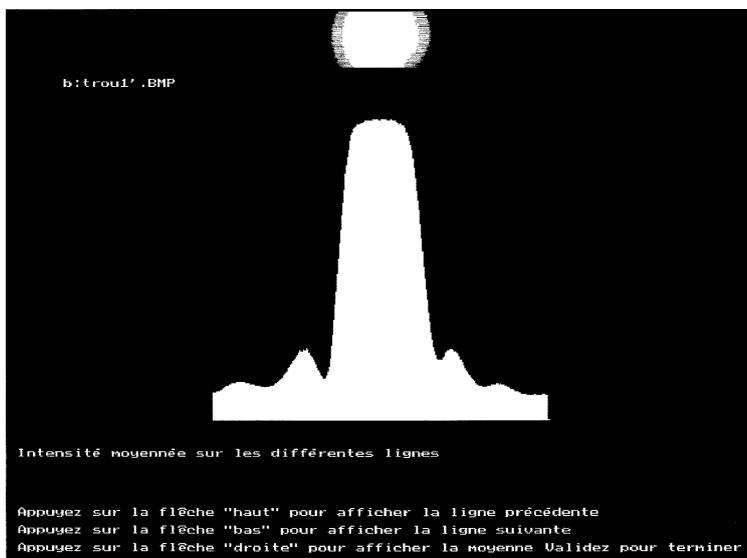


**Figure 5 :** Évaluation des intensités relatives.

En ce qui concerne l'image d'un trou, on pourra retrouver par pointage des minima, les diamètres respectifs du cercle d'Airy et des deux cercles concentriques noirs. Leurs rapports sur la répartition d'intensité correspondent aux valeurs données par la fonction de Bessel du premier ordre  $2 \times 3,83$  ;  $2 \times 7,02$  et  $2 \times 10,17$ . La condition d'Airy définissant le pouvoir séparateur de l'instrument est évidente.



**Figure 6 :** Figure de diffraction à l'infini d'un trou.



**Figure 7 :** Figure de diffraction à l'infini d'un trou (intensités moyennées).

## 5. CONCLUSIONS

Ce dispositif peut être mis à profit dans d'autres situations que le programme de spécialité de terminale S. On peut l'exploiter en seconde, dans le cadre de l'I.E.P. ou des classes post-baccalauréat. L'amélioration des mesures d'intensité consiste à diminuer le bruit. L'usage d'un appareil donnant des photos numériques simplifierait le montage mais ces appareils sont encore très chers.