Étude stroboscopique en classe de seconde

par Charles DALHA
Lycée Jules Haag - 25000 Besançon

1. INTRODUCTION

Dans les livres de seconde on lit : «pour mesurer la fréquence de rotation f d'un disque, on règle le stroboscope sur la plus grande fréquence possible, puis on diminue la fréquence fe des éclairs jusqu'à l'immobilité apparente. Alors f = fe».

Cette façon de faire ne me semble pas entièrement satisfaisante tant sur le plan théorique que sur le plan pratique : l'analyse de la mesure n'est pas convaincante car elle ne bénéficie pas d'un support théorique suffisant, il est en effet impossible de prouver que la première fréquence obtenue correspond bien à celle de f, sauf si l'on utilise une fréquence très élevée, ce qui sous entend l'utilisation d'un stroboscope émettant dans les H.F.

Le but de cet article est de démontrer que l'on peut arriver au même résultat avec un stroboscope simple à partir de la méthode suivante : en exploitant des valeurs mesurées fe inférieures à celle de f, un calcul «simple» permet de déterminer cette dernière.

2. ÉTUDE

2.1. Rappel

Concernant cette étude, je ne reviens pas sur la démonstration de la relation liant la fréquence fe du stroboscope à celle du disque. Les livres donnent la relation :

$$fe_k = f / k$$

(k représente le nombre de tours du disque correspondant à la fréquence fe_k du stroboscope).

2.2. Analyse

Cette relation montre que pour une fréquence f donnée (on impose une rotation uniforme au disque), la plus grande valeur de fe correspond à k = 1 ; soit un tour, donc :

$$fe_1 = f$$

Soit : $$\mathbf{fe_1 = k * fe_k}$$

Pour déterminer fe_1 il n'est pas indispensable d'être en possession d'un stroboscope ayant une fréquence maximale supérieure à la fréquence du disque (!) ; quelques fréquences correspondant à quelques *immobilités apparentes successives* suffisent à résoudre le problème. En effet : la relation $fe_1 = k * fe_k$ étant une relation constante, elle nous montre que :

a **-** toute fréquence fe_k mesurée à k-ième immobilité apparente vérifie cette relation ;

b **-** toute fréquence fe_{k+j} mesurée à la k + j-ième immobilité apparente vérifie la relation $fe_1 = (k + j) * fe_{k+j}$; j étant la j-ième mesure par rapport à k, j est un nombre entier positif ou négatif.

La résolution de ces deux équations donne :

1 **-** L'expression de k en fonction de fe_k et fe_{k+j} (valeurs déterminées expérimentalement) :

$$k = \left| \frac{j * fe_{k+j}}{fe_k - fe_{k+j}} \right|$$

2 **-** L'expression de $fe_1 = f$:

$$fe_1 = \left| \frac{j * fe_{k+j}}{fe_k - fe_{k+j}} \right| * fe_k$$

2.3. Étude expérimentale

1 **-** Les résultats d'une mesure stroboscopique donnent les valeurs suivantes :

Ordre de la mesure	k – 2	k – 1	k	k + 1	k + 2	k + 3
fe (en tr/min)	1 167	875	700	583	500	437

2 **-** Considérons les mesures k et k + 2 par exemple ; il vient :

$$k = (2 * 500) / (700 - 500)$$

$$k = 5$$

(cette valeur correspond à la cinquième immobilité) et :

$$fe_1 = 3\,500 \text{ tr/min}$$

(valeur correspondant à celle quand k = 1, c'est-à-dire quand fe = f).

2.4. **Discussion**

Deux questions (entres autres) que les élèves sont capables de poser :

1 **-** Peut-on avoir une fréquence fe supérieure à fe_1 ?

On peut y répondre :

– soit par vérification expérimentale,

– soit par justification mathématique : choisir une valeur double de fe_1 et montrer qu'elle n'est pas le triple de fe_2, etc. Donc impossible d'avoir $fe > fe_1$.

2 **-** Pourquoi obtient-on deux secteurs immobiles (conséquence de la vérification expérimentale) ?

Comme $f = fe_1$ et $fe = 2 * fe_1$, on a $fe = 2 * f$ soit $f = fe/2$.

Ou encore Te = T/2. Cette relation montre que pendant un tour complet du disque le stroboscope éclaire deux fois celui-ci, on observe ainsi deux secteurs opposés.