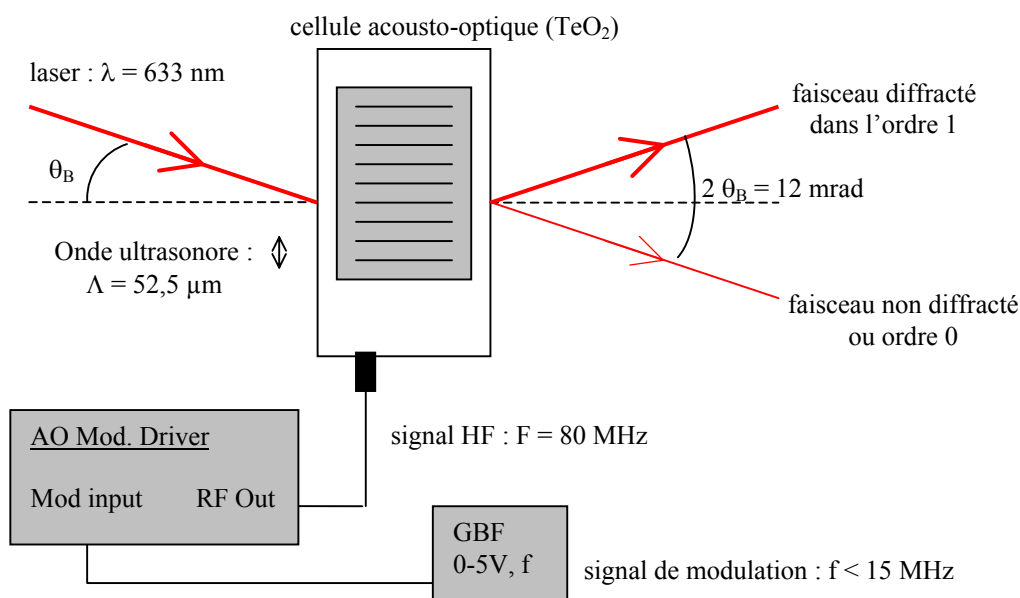


Modulateur acousto-optique

ATTENTION : NE PAS MODIFIER LE MONTAGE SANS AUTORISATION !!!

Voir la notice constructeur (AAOptoelectronics) et la doc Didaconcept dans le classeur

- **PRELIMINAIRE** : Voir sur le site web de la plate-forme la notice « Optique et acoustique », pour la mise en évidence optique d'une onde ultrasonore dans un liquide (par ombroscopie, filtrage spatial, ou comme ici par diffraction).
- **MODULATEUR ACOUSTO-OPTIQUE** :



La diffraction de la lumière par une onde ultrasonore est mise à profit dans les modulateurs acousto-optiques. Le modulateur dont nous disposons est le suivant :



Le générateur haute fréquence ($F = 80 \text{ MHz}$) génère dans le solide une onde acoustique de longueur d'onde $\Lambda = C / F$ où la vitesse acoustique est $C = 4200 \text{ m/s}$ donc $\Lambda = 52,5 \text{ μm}$.

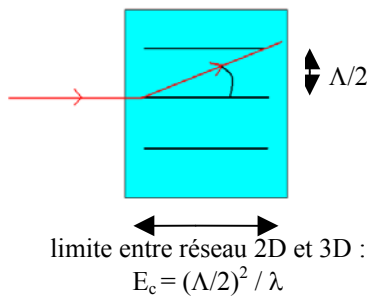
Le faisceau laser est diffracté par cette onde ultrasonore. Ici, on a affaire à de la diffraction de Bragg car l'angle de diffraction est tel qu'on ne peut négliger l'aspect tridimensionnel du milieu diffractant (autrement dit, à l'intérieur du cristal, la déviation d'un rayon lumineux est telle qu'il va traverser plusieurs périodes du réseau acoustique, voir ci-dessous**). Pour qu'un maximum d'intensité soit diffracté dans l'ordre 1, on doit donc orienter la cellule pour avoir un angle d'incidence égal à l'angle de Bragg :

$$\theta_B = \lambda / 2\Lambda = 6,0 \text{ mrad} = 0,35^\circ$$

Le faisceau laser est alors dévié d'un angle :

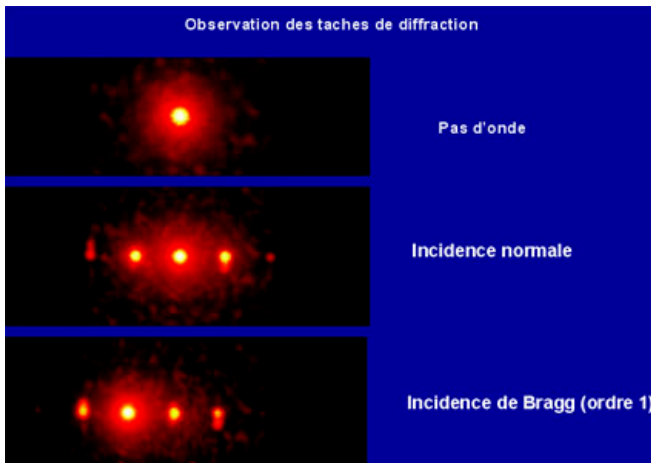
$$2\theta_B = \lambda / \Lambda = 12 \text{ mrad} = 0,69^\circ$$

** Réseau 2D ou 3D ? : on distingue de façon générale deux régimes de diffraction, suivant qu'un faisceau laser diffracté rentre ou non dans une couche adjacente d'un réseau épais :



Dans le 1^{er} cas, il s'agit de diffraction de Bragg (réseau 3D), dans le second cas, on parle de régime de Raman-Nath (réseau 2D). On passe d'un régime à l'autre pour une épaisseur du réseau E_c .

Dans l'expérience décrite dans la notice « Optique et acoustique », la lumière était diffractée par un réseau 2D (la fréquence étant beaucoup plus faible, la période est plus grande : $\Lambda/2 \approx 0,7$ mm donc $E_c \approx 1$ m !). Ici par contre, la période du réseau est très courte ($\Lambda/2 = 26 \mu\text{m}$, donc $E_c \approx 1$ mm) : on est bien ici dans un régime de Bragg.



Mesure de θ_B :

Régler l'orientation de la cellule de façon à avoir un maximum d'intensité dans l'ordre 1 (utiliser un photodétecteur pour plus de précision). A une distance de 245 cm de la cellule, la séparation des deux faisceaux principaux (ordre 0 et 1) est de 3,0 cm. On mesure donc un angle $2 \theta_B = 3,0/245 = 12$ mrad en accord avec la valeur calculée ci-dessus.

Mesure de l'efficacité du modulateur :

En l'absence d'onde ultrasonore, on mesure par exemple une puissance $P = 3,30$ mW.

Avec l'onde ultrasonore, la puissance mesurée dans l'ordre 1 est $P_1 = 2,40$ mW.

L'efficacité est donc $P_1 / P = 2,40 / 3,30 = 73$ % (efficacité max = 85 % d'après la notice).

Modulation :

L'amplitude de l'onde ultrasonore peut être modulée par un générateur externe (GBF 0-5 V branché sur l'entrée « mod input » du générateur HF) de fréquence F_{mod} (15 MHz max) ce qui a pour effet de moduler l'intensité diffractée dans l'ordre 1. Dans ce cas, le commutateur du générateur HF doit être en position « ext » (en position « cw », le signal HF n'est pas modulé). Pour illustrer une application « télécom », la modulation peut être effectuée à partir du signal de sortie d'une radio (voir montage page suivante).

• AUTRE APPLICATION : DEFLECTEUR ACOUSTO-OPTIQUE :

En modulant cette fois-ci non pas l'amplitude mais la fréquence F du signal HF, on modifie la longueur d'onde ultrasonore Λ donc l'angle de diffraction. Ceci permet de contrôler la déflexion d'un faisceau laser par un signal électrique. Cet effet est utilisé dans les scanners par exemple. Cette expérience ne peut pas être réalisée avec notre matériel car nous ne disposons pas pour l'instant d'alimentation HF de fréquence variable, ni de déflecteur acousto-optique. En effet, pour les applications à la déflexion, on utilise des cellules acousto-optiques qui fonctionnent sur un mode acoustique de faible vitesse de propagation, ce qui permet d'obtenir une faible longueur d'onde acoustique Λ et donc un grand angle de déflexion (typiquement : $C = 500$ m/s donc $\Lambda = 6 \mu\text{m}$ à $F = 80$ MHz et $\Delta\theta = 50$ mrad à $\lambda = 633$ nm pour une variation de la fréquence acoustique $\Delta F = 40$ MHz). Pour les applications à la modulation, on préfère par contre utiliser un mode acoustique rapide ($C = 4200$ m/s), car c'est le temps de passage du faisceau laser dans la longueur d'onde acoustique Λ qui limite les performances hautes fréquences du modulateur, avec typiquement 160 ns par mm de faisceau laser pour le modulateur, contre $1 \mu\text{s}/\text{mm}$ pour le déflecteur (source : AA Optoelectronic).

Montage « modulation » :

