

 **Exemple 1** Montrer que le coefficient d'Einstein relatif à l'émission spontanée fait apparaître un temps caractéristique  $\tau$ .

## Exemple 2

Écrire les lois d'évolutions des deux populations  $N_1$  et  $N_2$ .

Réécrire ces relations dans le cas stationnaire et à l'équilibre thermique.

En déduire les relations entre les coefficients d'Einstein grâce à la loi de Planck du corps noir.

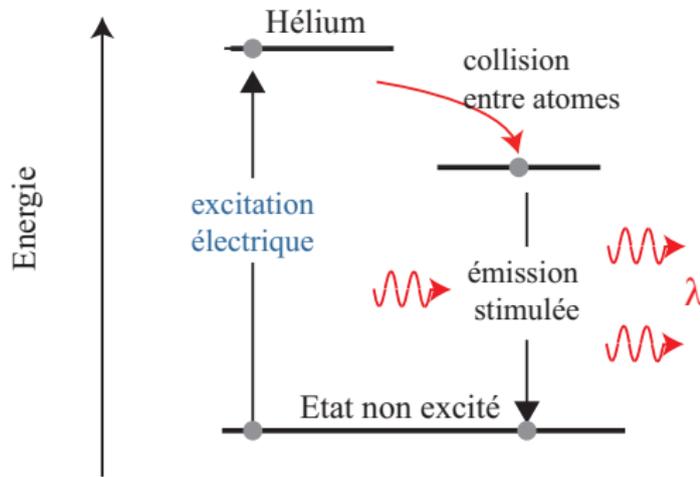
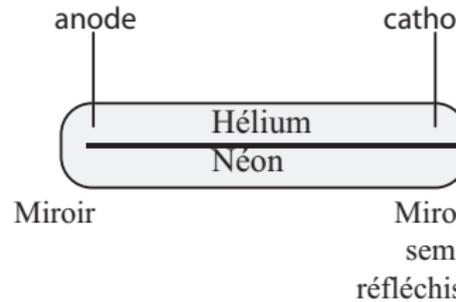
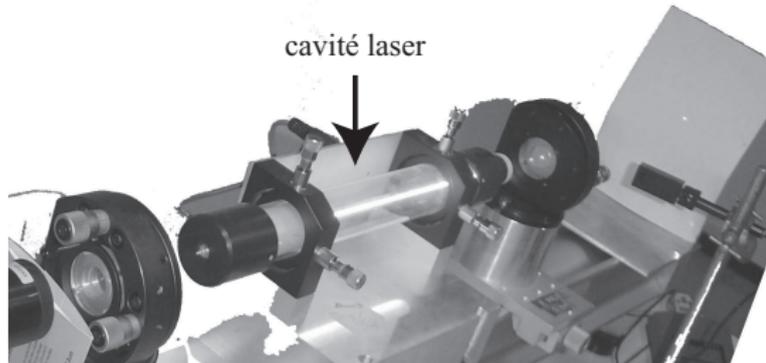
### Exemple 3

Déterminer une condition sur  $\rho_0$  et  $T$  pour que la probabilité de l'émission spontanée soit plus grande que celle de l'émission stimulée.

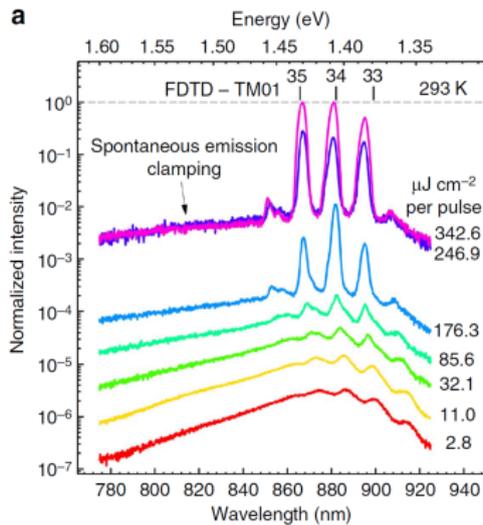
Est-ce le cas pour le Soleil ?

À température ambiante, pour quel domaine de longueur d'onde la probabilité de l'émission spontanée est-elle plus grande que celle de l'émission stimulée ?





## Figure – Principe du laser



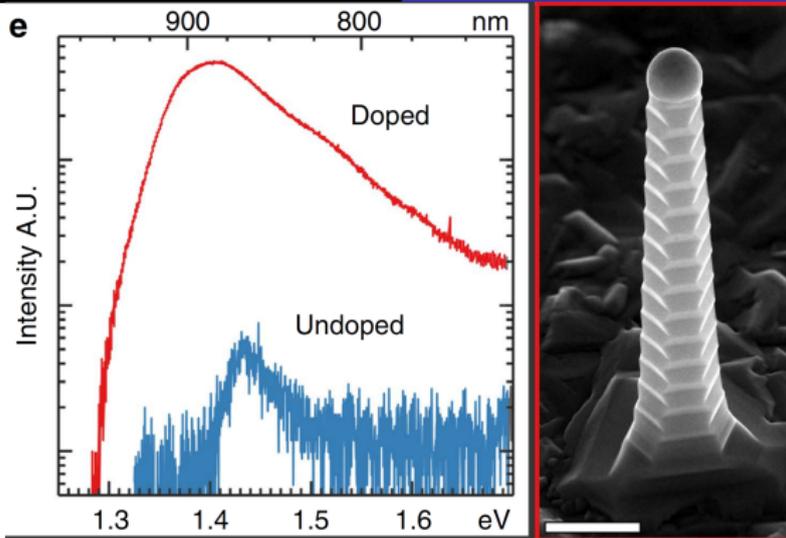
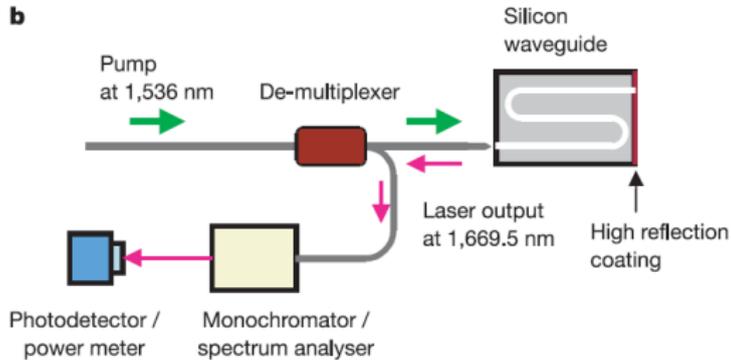
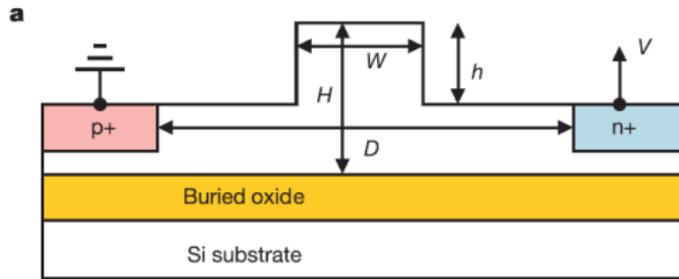


Figure – Structure et photoluminescence d'un nanolaser. Tiré de Doping-enhanced radiative efficiency enables lasing in unpassivated GaAs nanowires, Nature Com, 2016



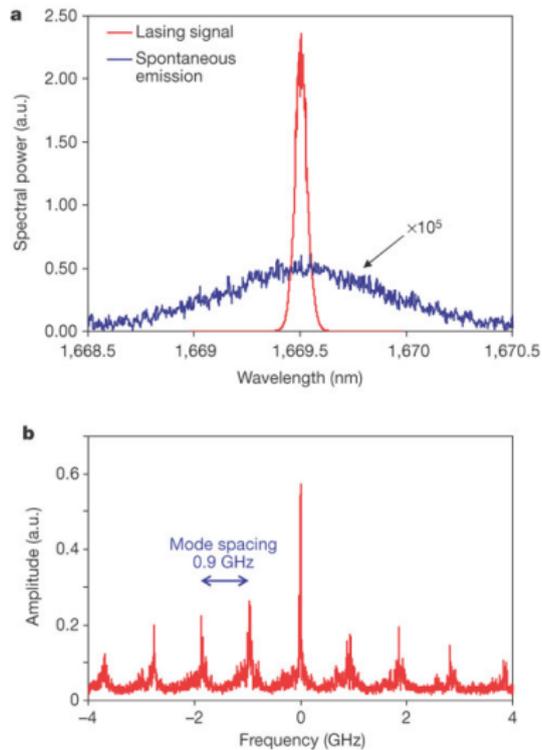


Figure – all-silicon Raman laser, Nature, 2005

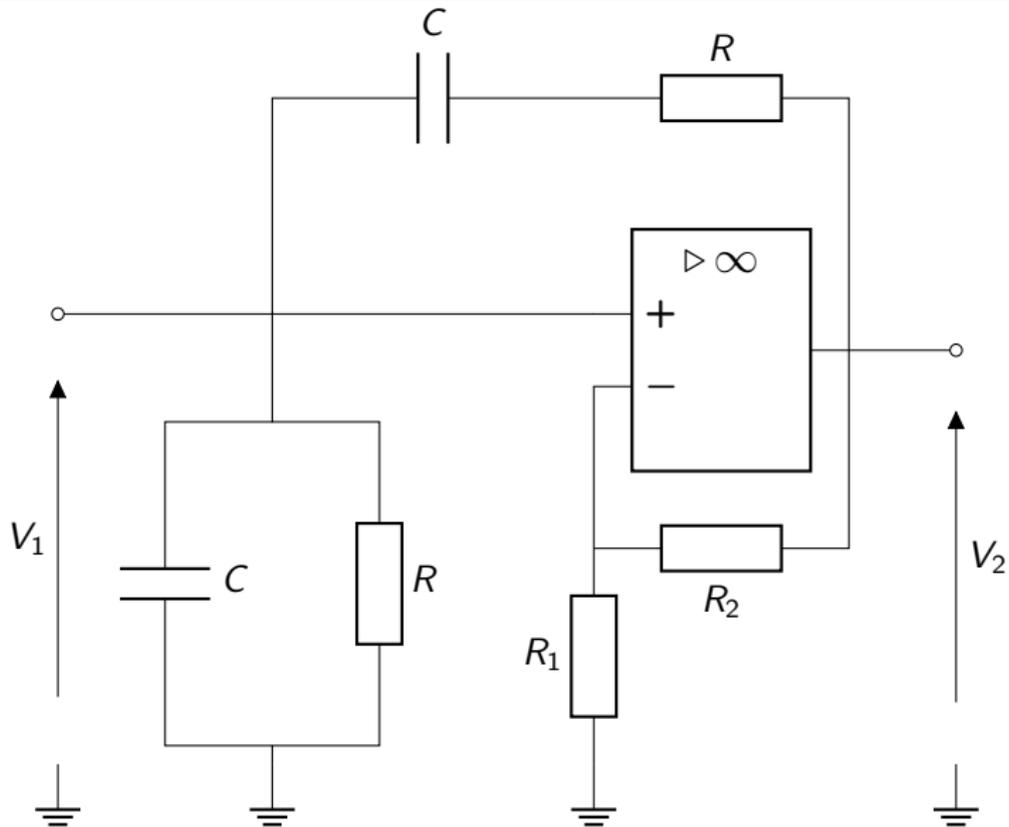


Figure – Oscillateur à pont de Wien

 **Exemple 4** 1 - Écrire l'équation différentielle liant  $V_s(t)$  et  $V_e(t)$ .

2 - On relie la sortie du montage à l'entrée du montage. Écrire l'équation différentielle vérifiée par la tension.

3 - Trouver une condition sur  $R_1$  et  $R_2$  pour qu'on ait un oscillateur (générateur sinusoïdal) et préciser la fréquence.

4 - Commenter le comportement de ce montage selon la valeur du rapport  $R_2/R_1$ .

oscillateur	oscillateur électronique	LASER
amplificateur	amplificateur non inverseur à AO	milieu amplificateur (émission stimulée)
filtre	filtre passe bande (de Wien par exemple)	filtre Fabry Péro (cavité)
bouclage	bouclage par rétroaction	réflexion sur les miroirs
apport d'énergie	alimentation de l'AO	pompage

source	$\lambda(\text{nm})$	$\Delta\lambda(\text{nm})$	$\nu(\text{Hz})$	$\Delta\nu(\text{Hz})$	$t_C$	$L_C$
Laser He-Ne	633	$1.10^{-3}$	$4,74.10^{14}$	$1,5.10^9$	0,67 ns	40 cm
Sodium	590	0,1	$5,08.10^{14}$	$86.10^9$	10 ps	3 mm
Blanche	600	400	$5,0.10^{14}$	$3,7.10^{14}$	3 fs	$1 \mu\text{m}$

Table – Largeurs spectrales de sources usuelles

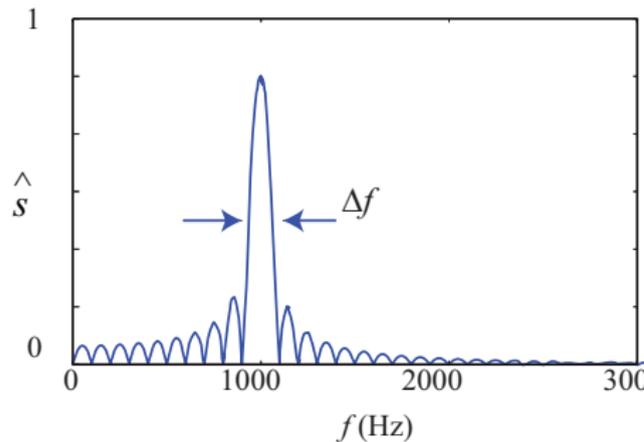
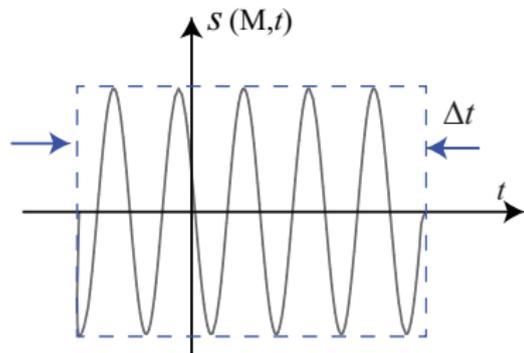


Figure – Cohérence temporelle et largeur spectrale



## Définition :

La largeur spectrale d'une source lumineuse limite dans le temps les vibrations lumineuses, on appelle **temps de cohérence** cette durée notée  $t_C$ . Le modèle associé est celui des train d'onde.



## Définition :

À partir de cette durée de cohérence, correspondant au temps « de vie » de la vibration lumineuse, il est possible de définir son étendue spatiale appelée **longueur de cohérence** définie par :

$$L_C = c \times t_c$$

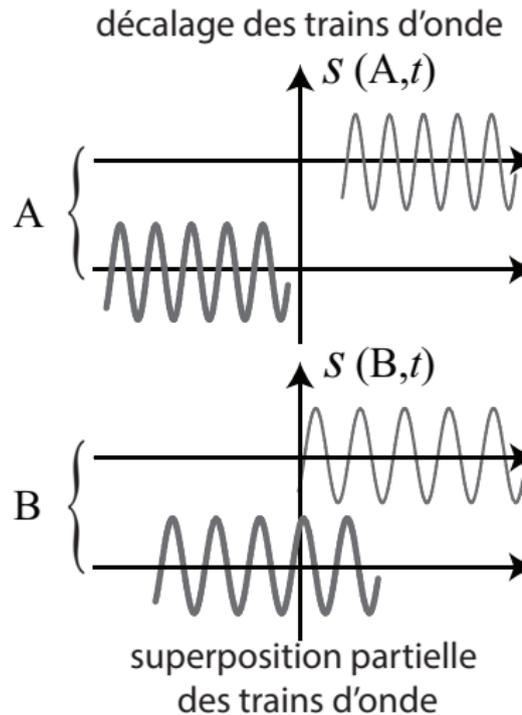
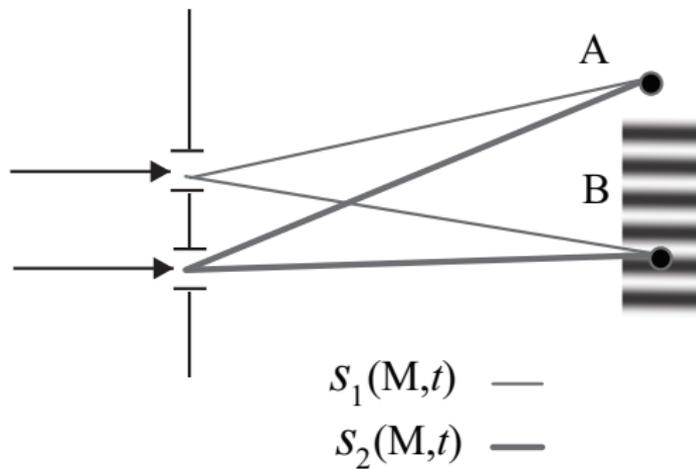


Figure – Cohérence temporelle et train d'onde



## Définition :

Le faisceau gaussien d'un laser est caractérisé par :

- sa taille minimale (ou "waist") notée  $w_0$ ,
- sa longueur de Rayleigh notée  $z_R$ .

La taille du faisceau à l'abscisse  $z$  est

$$w(z) = w_0 \sqrt{1 + z^2/z_R^2}$$

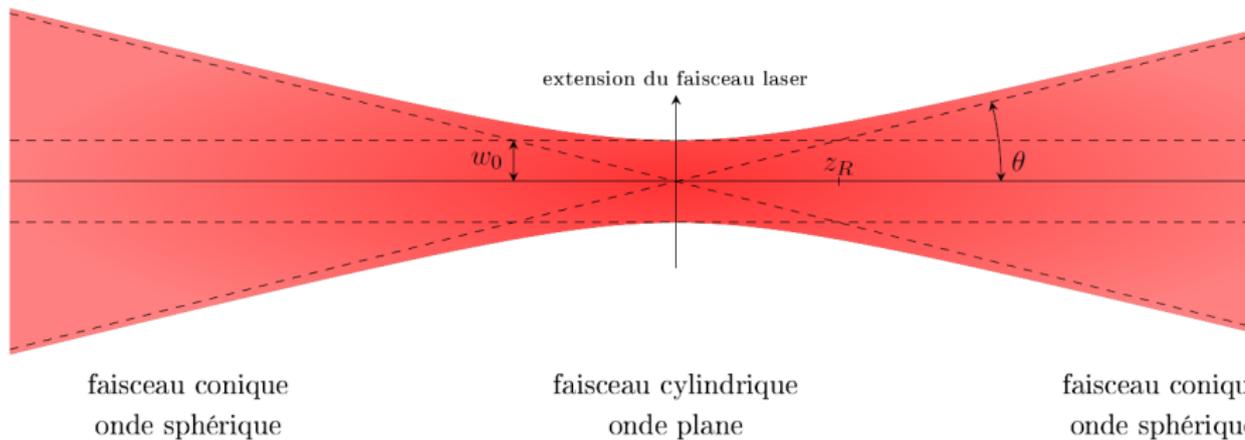


Figure – Waist du faisceau laser

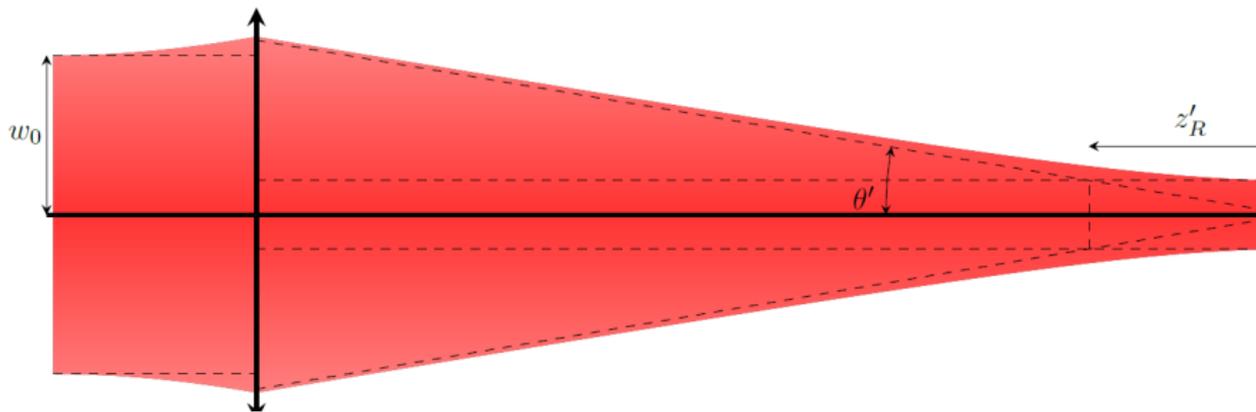


Figure – Effet d'une lentille du faisceau laser

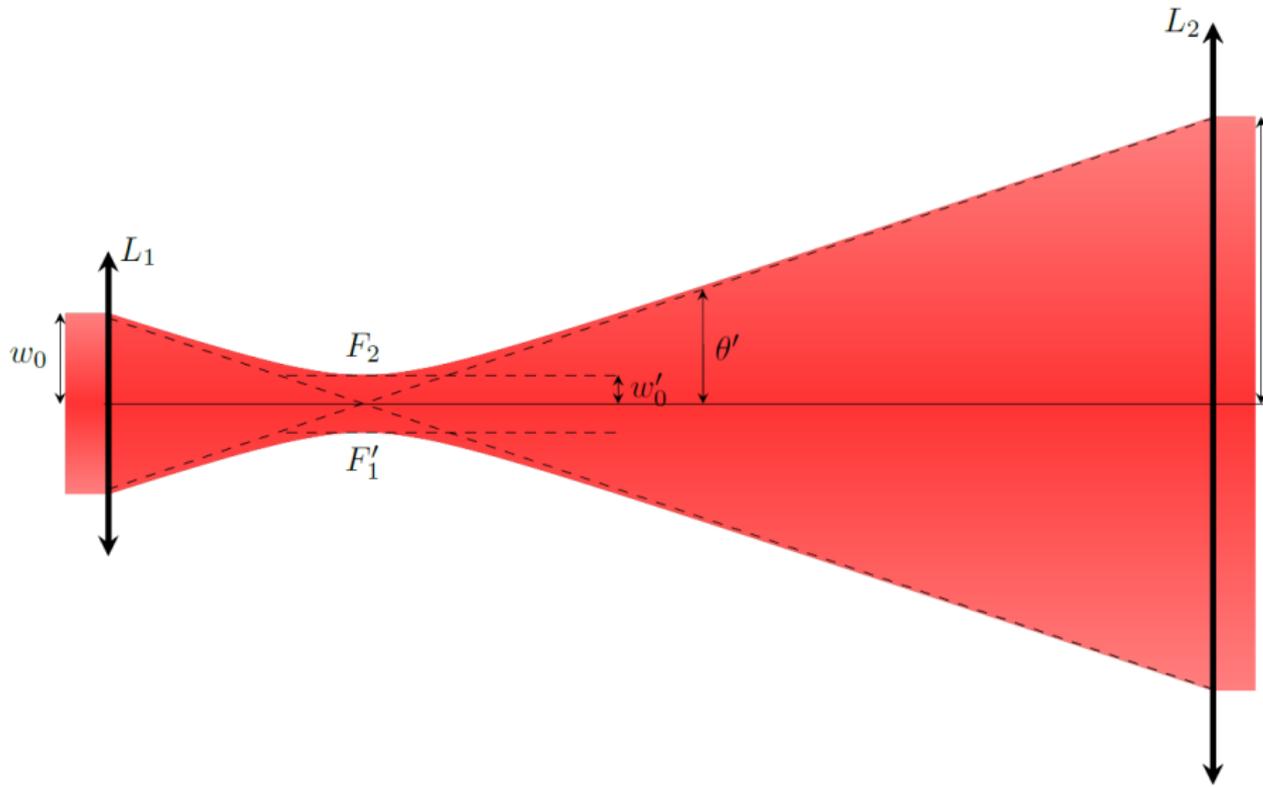
 **Exemple 5** On s'intéresse à un faisceau laser de longueur d'onde  $\lambda$ , de waist  $w_0$ .

1 - Déterminer son angle de divergence  $\theta$  à longue distance. Le faisceau encore cylindrique est incident sur une lentille convergente  $L_1$  de focale  $f'_1$ .

2 - Déterminer alors l'angle  $\theta'$  du faisceau après la lentille  $L_1$ . Le faisceau divergent du laser suffisamment loin de  $L_1$  est incident sur une lentille convergente  $L_2$  de focale  $f'_2$ .

3 - Déterminer le waist  $w_0''$  du faisceau émergent de  $L_2$ .

4 - Montrer qu'un choix astucieux de  $f'_2/f'_1$  permet de conférer au faisceau laser émergent de  $L_2$  un angle de divergence à longue distance  $\theta'' \ll \theta$ .



## Figure – Elargisseur de faisceau

