<u>Rq</u>: l'intersection des droites qui décrivent les 2 cas limites est telle que :

$$\frac{w_0}{z_R} \cdot z = w_0 \quad , \text{ soit } \underline{z = z_R}$$

Une des propriétés d'un faisceau laser est qu'il ne diverge pas beaucoup. Quel est l'ODG de θ ?

$\tan\theta$ = coef. dir. de la droite

$$\tan\theta = \frac{w_0}{z_R} = w_0 \cdot \frac{\lambda}{\pi w_0^2} = \frac{\lambda}{\pi . w_0}$$

<u>A.N.</u> : laser He-Ne de TP : $w_0 \simeq 1\,mm$ et $\lambda = 632{,}8\,nm$.

On trouve $\theta \simeq 0{,}01° = 2.10^{-4}$ rad, ce qui est très petit, donc :

- l'angle du graphe est très, très exagéré
- on peut écrire $\tan\theta \simeq \theta$.

<u>Exercice</u> : calculer la taille de la tache d'un faisceau laser sur le mur d'une salle de classe (le laser étant situé à côté du mur opposé) ; puis sur la Lune, le laser étant sur Terre.

Conclu :

Savoir mettre en œuvre le modèle (voir suite)

La majeure partie de l'intensité d'un laser se situe :

- dans un <u>cylindre</u> de rayon $R = w_0$ quand $z \ll z_R$;
- dans un <u>cône</u> de demi-ouverture angulaire $\theta \sim \frac{\lambda}{w_0}$ quand $z \gg z_R$;

la longueur de Rayleigh z_R étant la longueur de "transition" entre les deux cas limites

Rq : - on peut montrer (H.P.) que l'onde lumineuse est quasi plane dans sa zone cylindrique, et sphérique dans sa zone conique.
- si l'on note a le rayon de l'orifice de sortie du laser, alors $w_0 \simeq a$, et $\theta \sim \frac{\lambda}{a}$. La divergence du laser s'interprète donc cô la diffraction par cet orifice

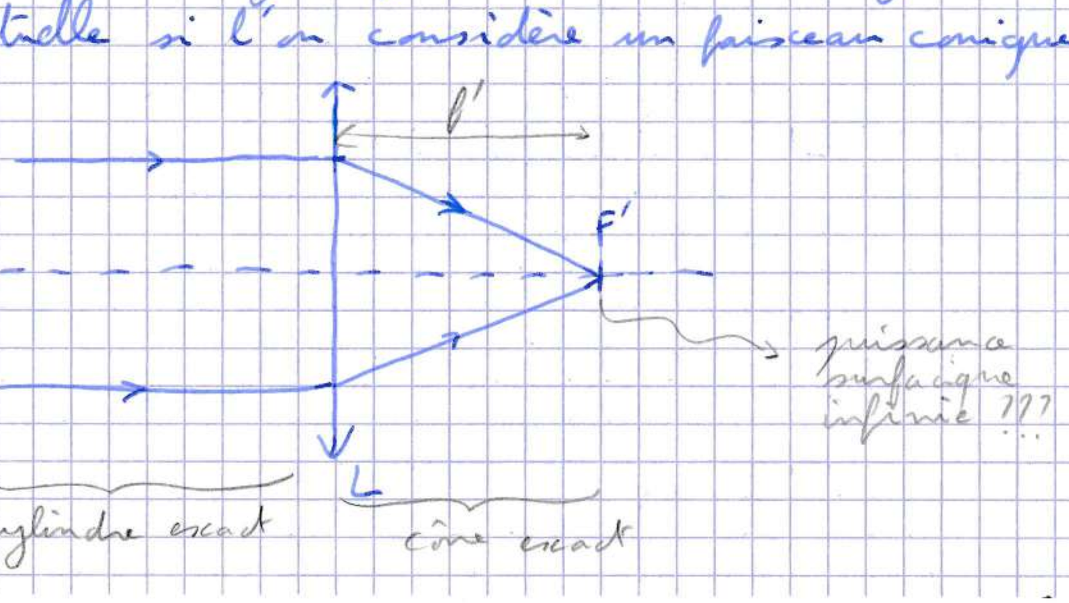
A.N. pour laser He-Ne de TP :
$z_R = \frac{\pi \cdot w_0^2}{\lambda} \rightarrow z_R \simeq 5\,m$. Sur un banc d'optique, on est "plutôt" dans le modèle cylindre.

2) Comment "modeler" un faisceau laser avec des lentilles ?

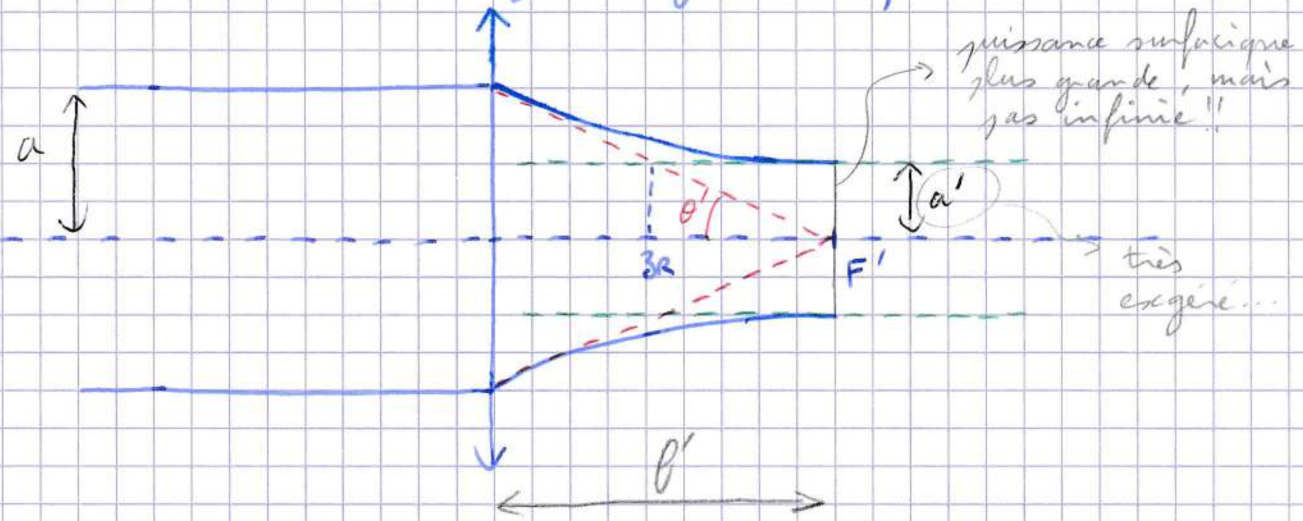
ⓐ Faire converger le faisceau

Application : augmenter la puissance surfacique pour la découpe / l'usinage de matériaux.

⊛ En optique géométrique on utilisait une lentille convergente pour obtenir une image ponctuelle si l'on considère un faisceau conique :



* Mais un faisceau laser cylindrique s'évase en faisceau conique au delà de la longueur de Rayleigh. Par principe de retour inverse de la lumière, un faisceau laser conique (convergent) doit donc se transformer en faisceau cylindrique au voisinage de F', point de convergence géométrique :



Exercice : poursuivre les rayons avec le modèle !

D'après la figure, on a $\theta' = \frac{a}{f'}$ (petits angles). Or d'après le modèle cône-cylindre, $\theta' = \frac{\lambda}{a'}$. D'où $a' = \frac{\lambda f'}{a}$

Or dans les conditions de Gauss les angles sont petits, donc $a < f'$, donc $a' > \lambda$.

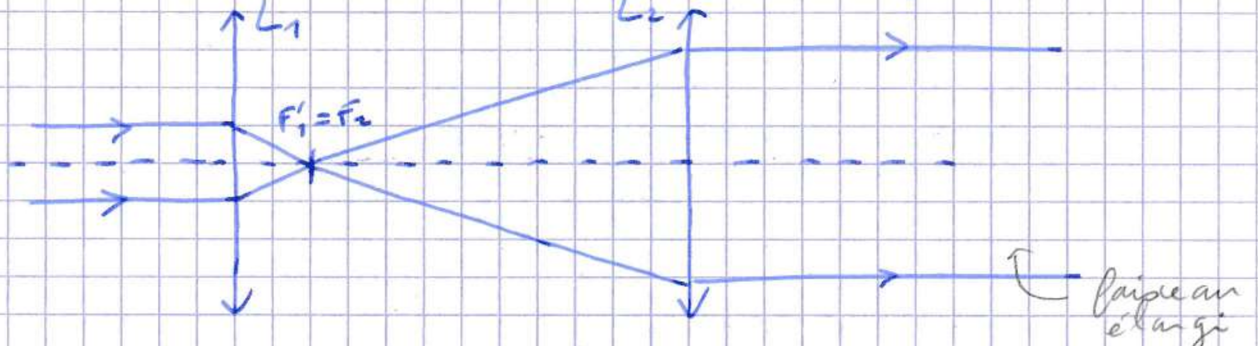
Conclu : on ne peut pas faire converger autant que l'on veut un faisceau laser. Son rayon minimal est de l'ordre de λ.

Savoir redémontrer

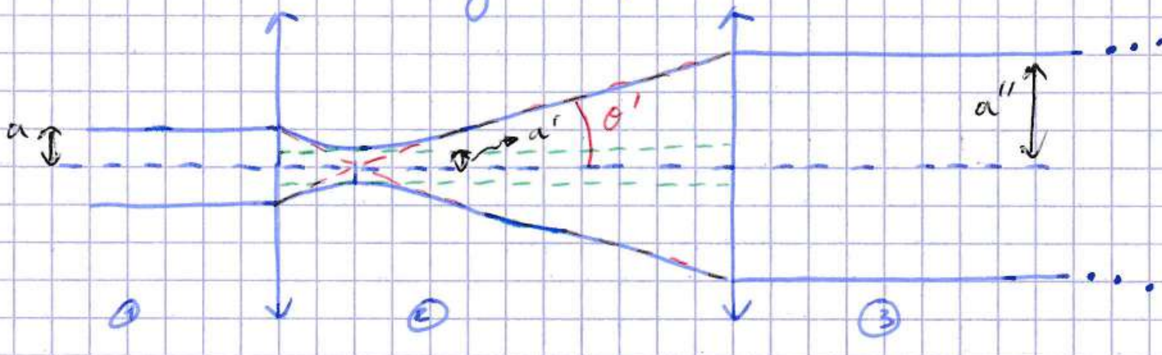
① Elargir le faisceau / diminuer l'ouverture angulaire

Application : télémétrie (mesure de la distance à des objets lointains)

* En optique géométrique on utilise une lentille L_1 de courte distance focale, et L_2 de longue distance focale telles que $F'_1 = F_2$ (rq : c'est "l'inverse" d'une lunette astronomique) :



* Avec un laser, dans le cadre du modèle cône-cylindre, on trace :



Exercice : poursuivre les rayons avec le modèle (...)

D'après la figure (Thalès dans ⋈) : $\frac{a''}{a} = \frac{f'_2}{f'_1} > 1$

On a bien un élargisseur de faisceau.

De plus, les demi-ouvertures angulaires des faisceaux dans zones ① et ③ (angles petits, non représentés) sont telles que :

$$\begin{cases} \theta \simeq \dfrac{\lambda}{a} \\ \theta'' \simeq \dfrac{\lambda}{a''} \end{cases} \qquad \text{donc} \quad \frac{\theta''}{\theta} = \frac{a}{a''} = \frac{f'_1}{f'_2} < 1$$

$$\boxed{\text{Conclu : deux lentilles dans la configuration ci-dessus permettent d'élargir un faisceau laser et de diminuer son ouverture angulaire : il sera en sortie moins divergent.}}$$