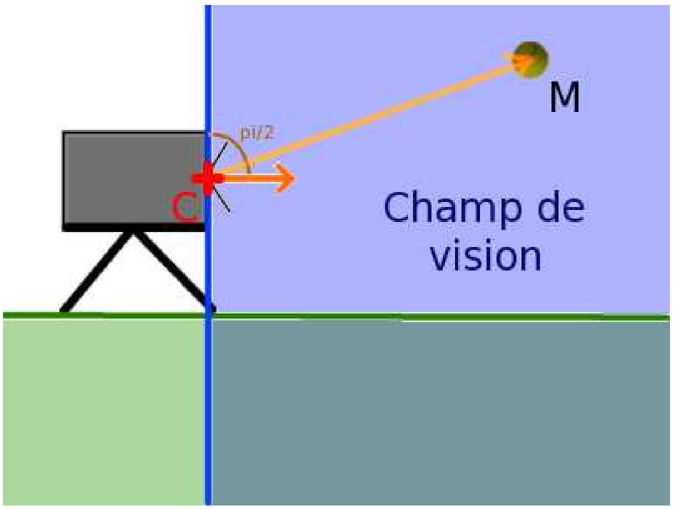
TIPE

Partie 4 : Localisation dans l'espace

1. Position du problème

Il est évident qu'une seule caméra ne peut pas déterminer la position de la balle dans l'espace. En effet, une caméra nous donne un doublet repérant un point dans un espace à deux dimensions, alors que la position de la balle dans l'espace est déterminée par 3 variables (x, y, z) en coordonnées cartésiennes. Il est donc **nécessaire** d'avoir une **deuxième caméra** synchronisée avec la première pour obtenir toutes les variables nécéssaires à la localisation.

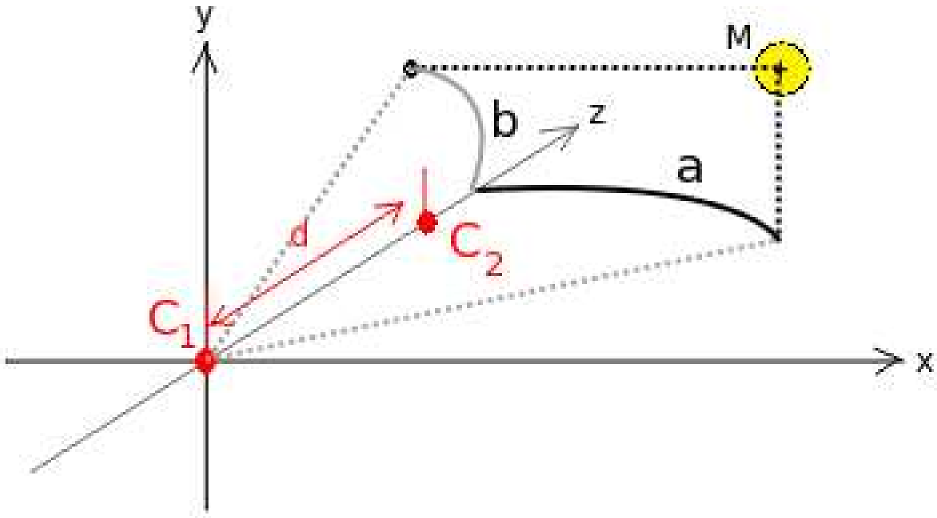
On supposera dans la suite deux caméras idéales, C_1 et C_2, présentes à deux endroits différents du terrain, dont le cône de vision est de demi-angle au sommet $\frac{\pi}{2}$ et le champ de vision infini, c'est-à dire pouvant voir tout le demi-espace qui leur fait face. Une telle caméra sera donc représentée par un point, identifié à C_1 et C_2, et on supposera que chaque caméra pointe vers une direction parallèle au sol, de sorte qu'un point M situé au centre du champ de vision de la caméra C_i sera tel que $\overrightarrow{C_iM}$ est colinéaire à tout vecteur du sol.



Pour connaître la position de la balle dans l'espace, il faut donc :

- Détecter sa position dans le plan image de chaque caméra, par la méthode précédemment évoquée.

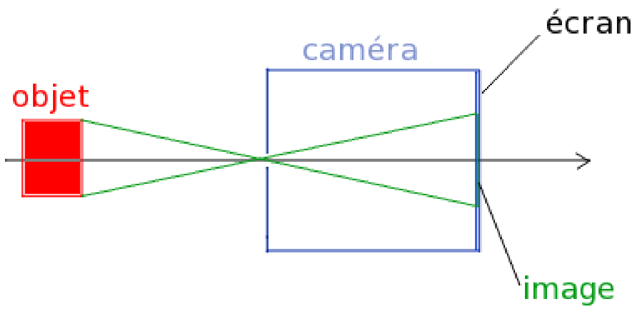
- Regrouper les résultats pour connaître sa position dans l'espace.



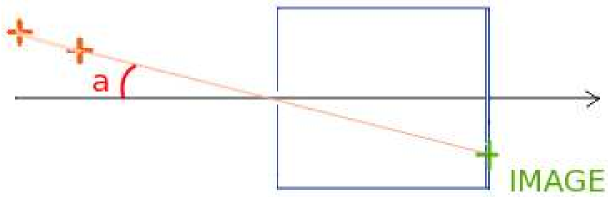
Après la détection de la balle, cependant, bien que l'on puisse utiliser la position, en pixels, dans un repère donné, détectée par l'algorithme, ces paramètres n'ont pas de vraie signification en dehors de l'image numérique, et varient de plus, pour une même scène, d'une caméra à l'autre.

J'ai donc préféré **utiliser des angles**, comme on le voit sur le schéma : la position de la balle est déterminée par deux angles α et β, entre les projections du vecteur position de la balle $\overrightarrow{C_1M}$ sur les plans xOz et yOz respectivement.

Cette utilisation des angles est justifiée par le **modèle d'une caméra idéale** : le sténopé. On voit sur le schéma comment on détermine la position de l'image d'un objet sur le capteur de la caméra :



Toute caméra se comporte la plupart du temps comme si la lumière passait par un point unique, le centre de la caméra, avant d'arriver sur l'écran. Il en résulte que deux points (marqués en orange sur le schéma suivant) formant un angle identique par rapport à l'axe optique parviennent au même point de l'écran et correspondent donc à un même point de l'image.



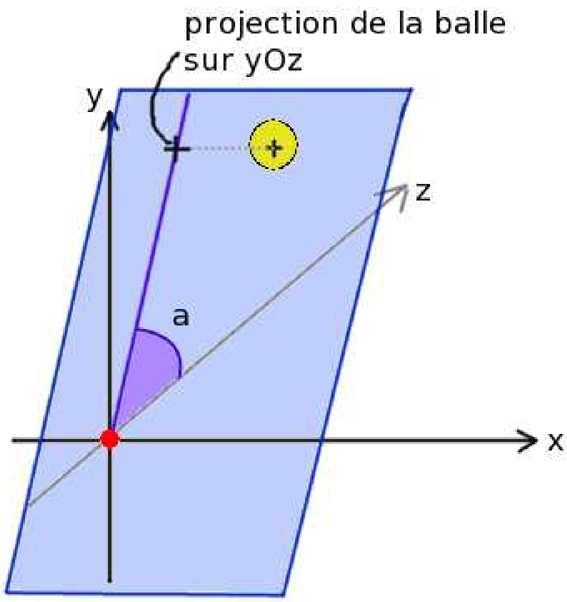
La **position** x_i de l'image sur l'écran est alors déterminée par la **focale** du sténopé, notée f : la distance entre le trou central et l'écran :

$$\tan\alpha = \frac{x_i}{f}$$

2. Localisation de la balle dans l'espace

Chaque caméra permet donc, grâce aux deux angles de visée de la balle, de déterminer une droite sur laquelle se trouve la balle. Il suffit de deux droites pour déterminer entièrement sa position dans l'espace.

En fait, chaque angle permet de définir un plan dans lequel se trouve la balle, comme le montre le schéma :



Le vecteur normal de ce plan doit être de la forme $\vec{n}\begin{pmatrix} 0 \\ \cos\alpha \\ -\sin\alpha \end{pmatrix}$ pour que le plan ait exactement un angle de α avec xOz.

L'équation de ce plan est donc $\mathcal{P}_y : y = z\tan\alpha$, ou encore, en utilisant les notations du 2) :

$$\mathcal{P}_y : y = z\,\frac{x_i}{f}$$

On procède de même pour le plan $\mathcal{P}_x$, puis, par changement de repère, pour la deuxième caméra. L'**intersection de trois plans** permet d'en déduire la position de la balle dans l'espace.