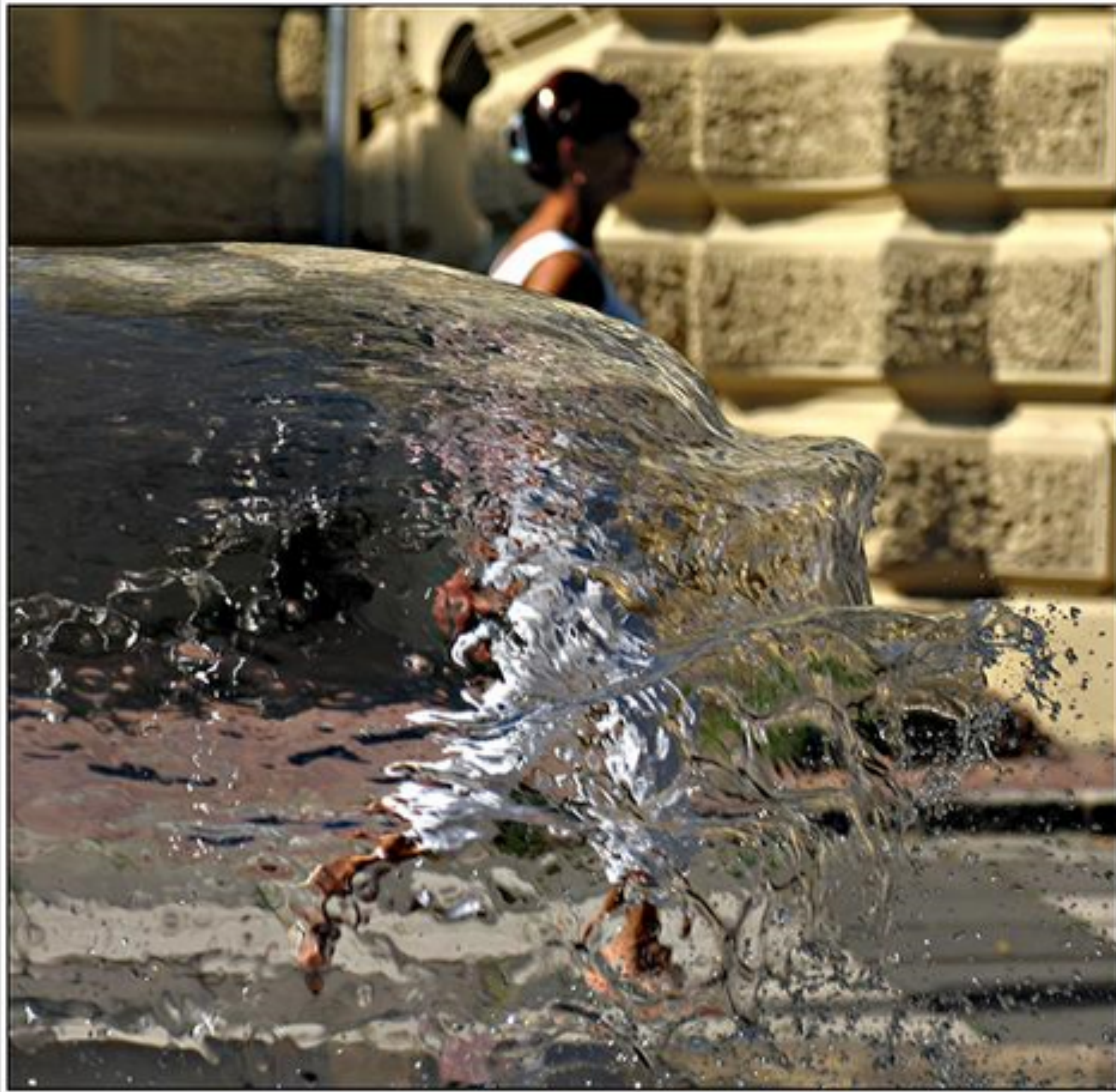


La caméra



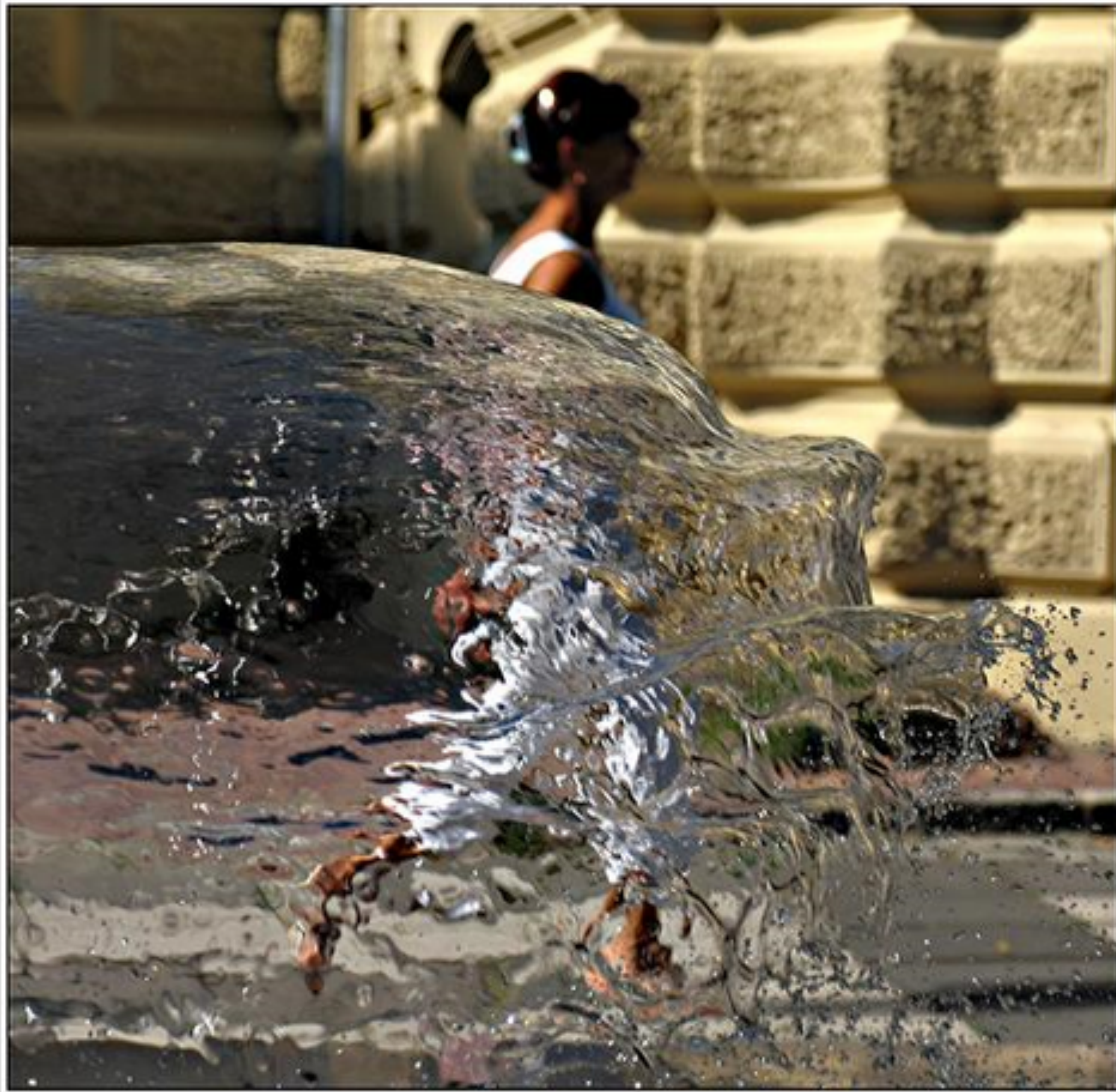
(c) Tomasz Pluciennik

GIF-4105/7105 Photographie Algorithmique
Jean-François Lalonde

Merci à A. Efros pour (la plupart) des slides!

La caméra

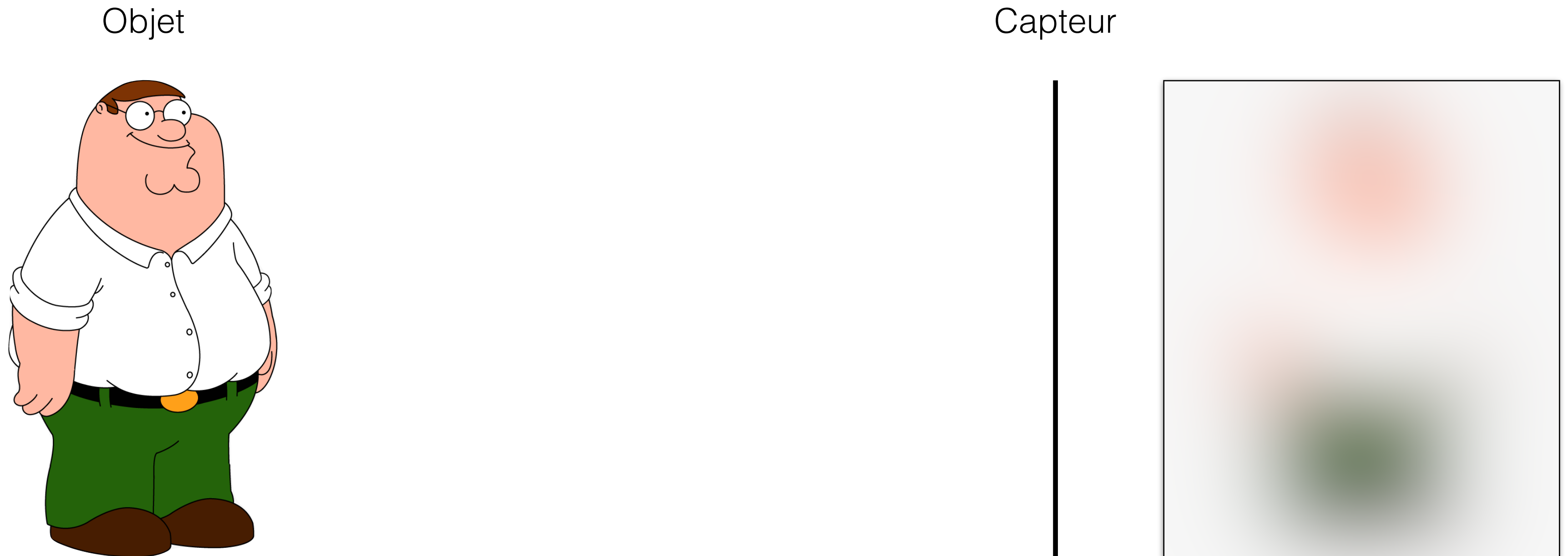
Le modèle sténopé



(c) Tomasz Pluciennik

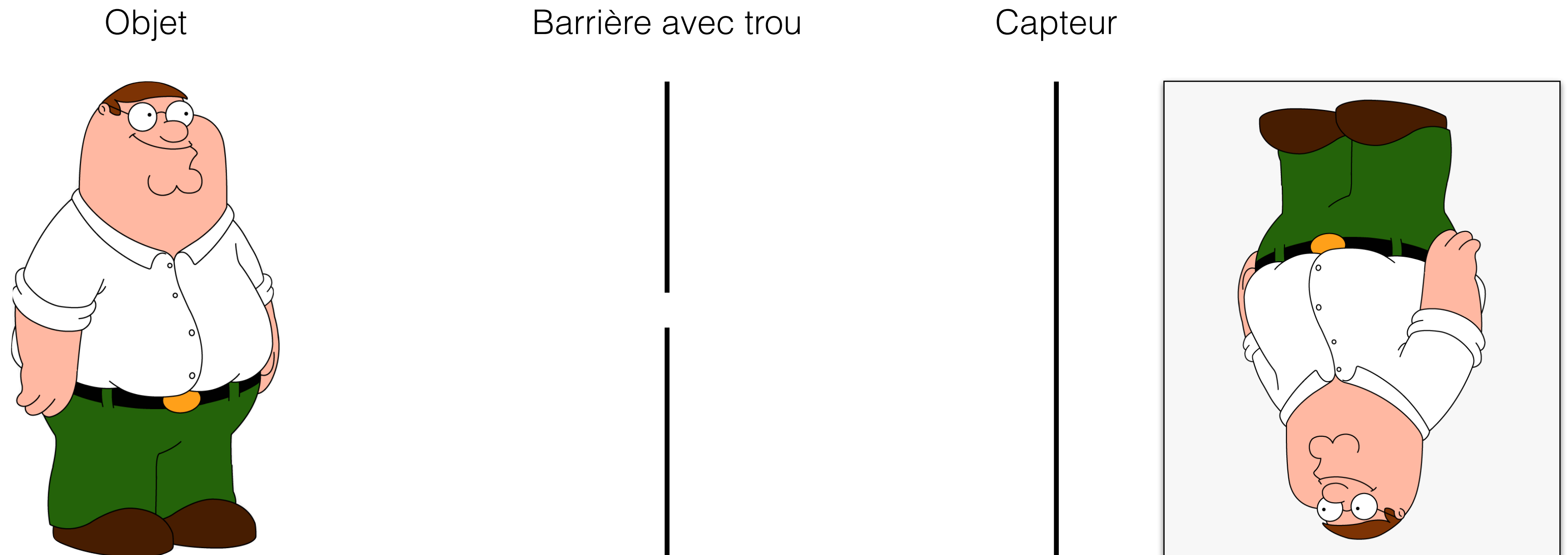
Formation de l'image

- Faisons le design de notre propre caméra
- Idée 1: plaçons un capteur en face d'un objet
 - Quelle image obtenons-nous?



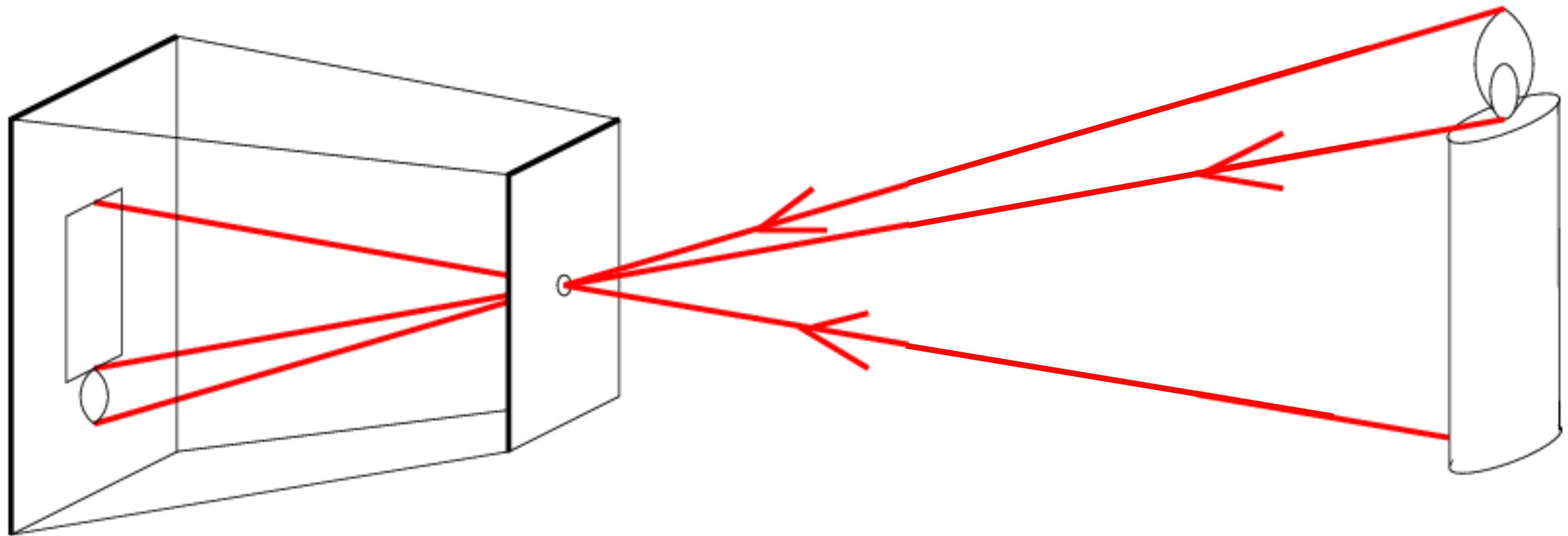
Le sténopé (*pinhole*)

- Idée 2: rajouter un barrière pour laisser passer seulement certains rayons
- Cela réduit le flou
- Le trou : l'ouverture, ou le sténopé (en anglais : *pinhole*)



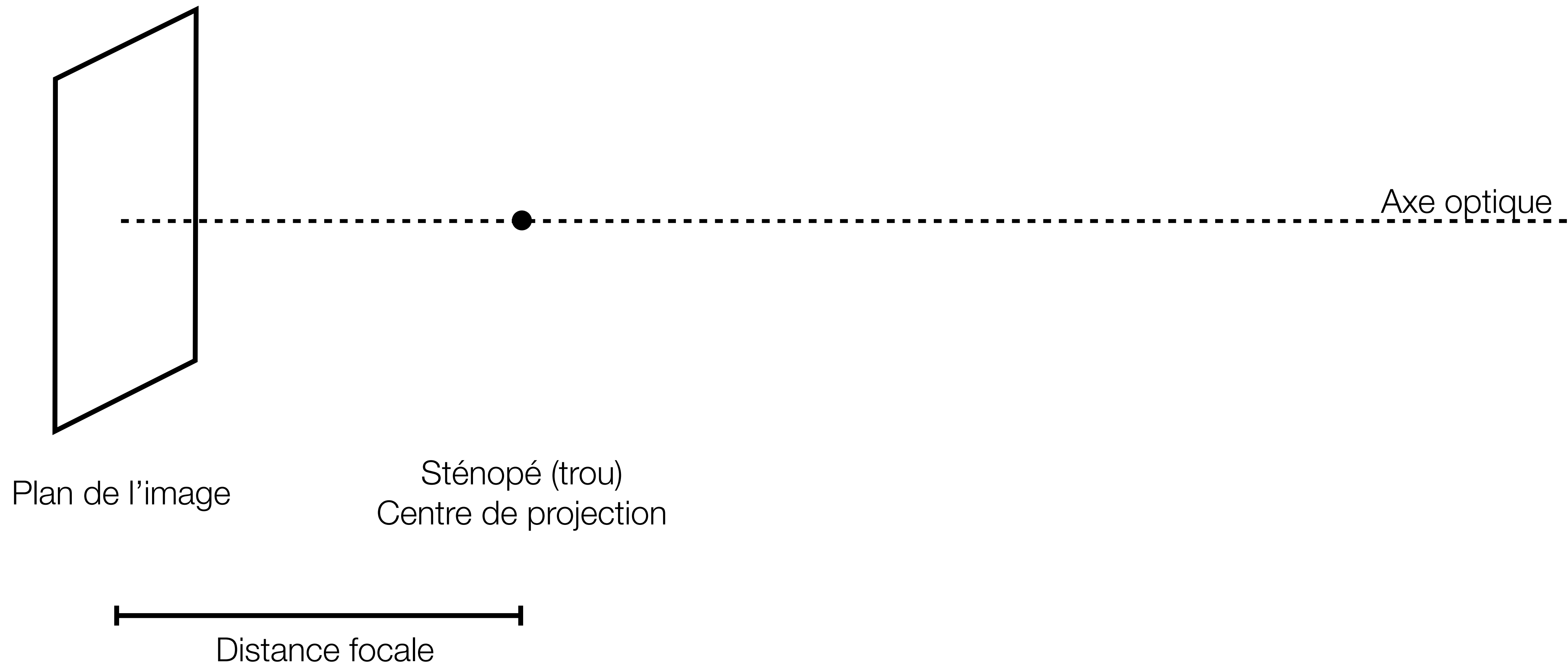
Caméra sténopé (*pinhole*)

Capture un « pinceau de lumière » : tous les rayons convergeant en un **point**.



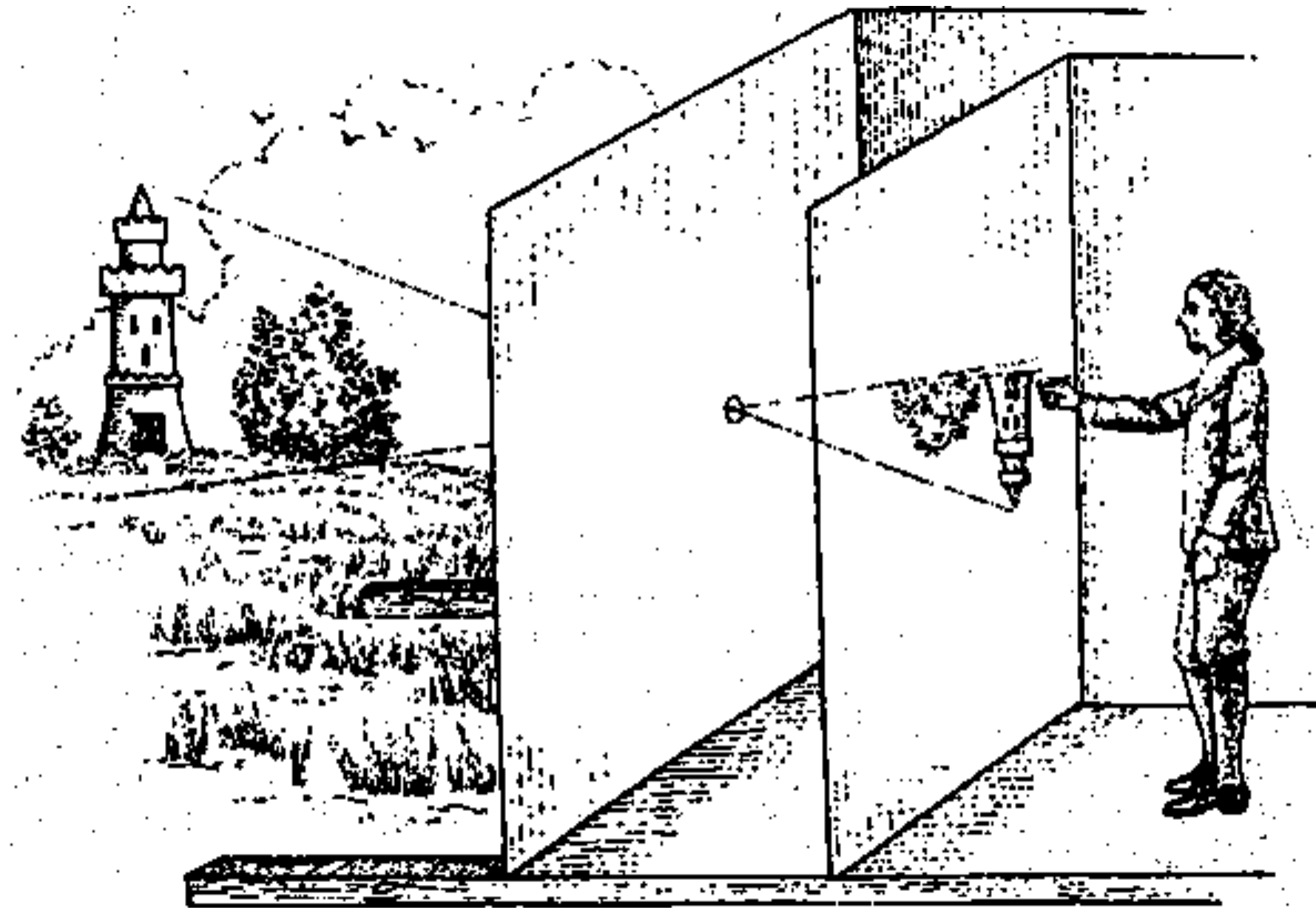
Caméra sténopé (*pinhole*)

Modèle mathématique : point + plan



Camera obscura

- Idée : Mozi, Chine (470–390BC)
- Première construction: Alhacen, Irak/Égypte (965–1039AD)



Camera obscura à l'UNC Chapel Hill
(Photo: Seth Ilys)

Abelardo Morell



Réduire les dimensions : 3D → 2D

On perd une dimension!

Monde (3D)

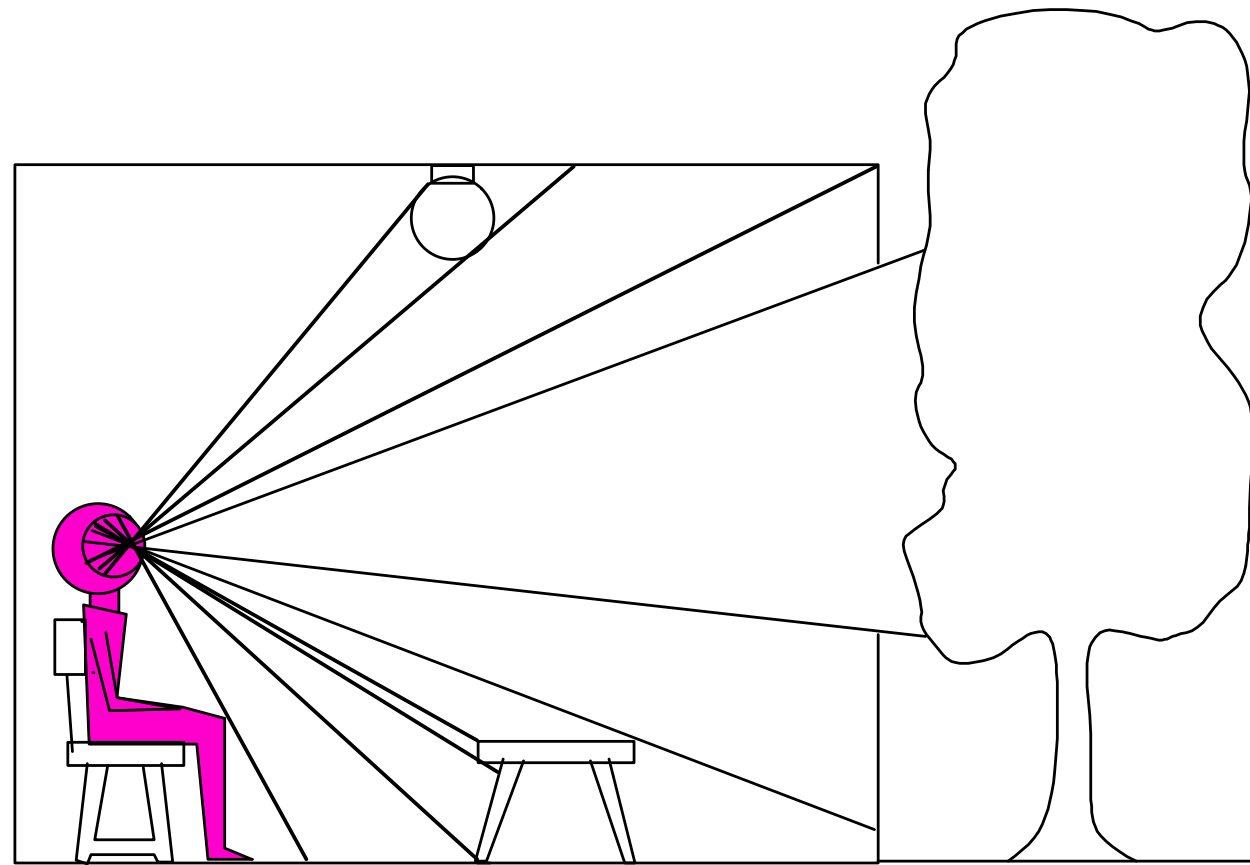
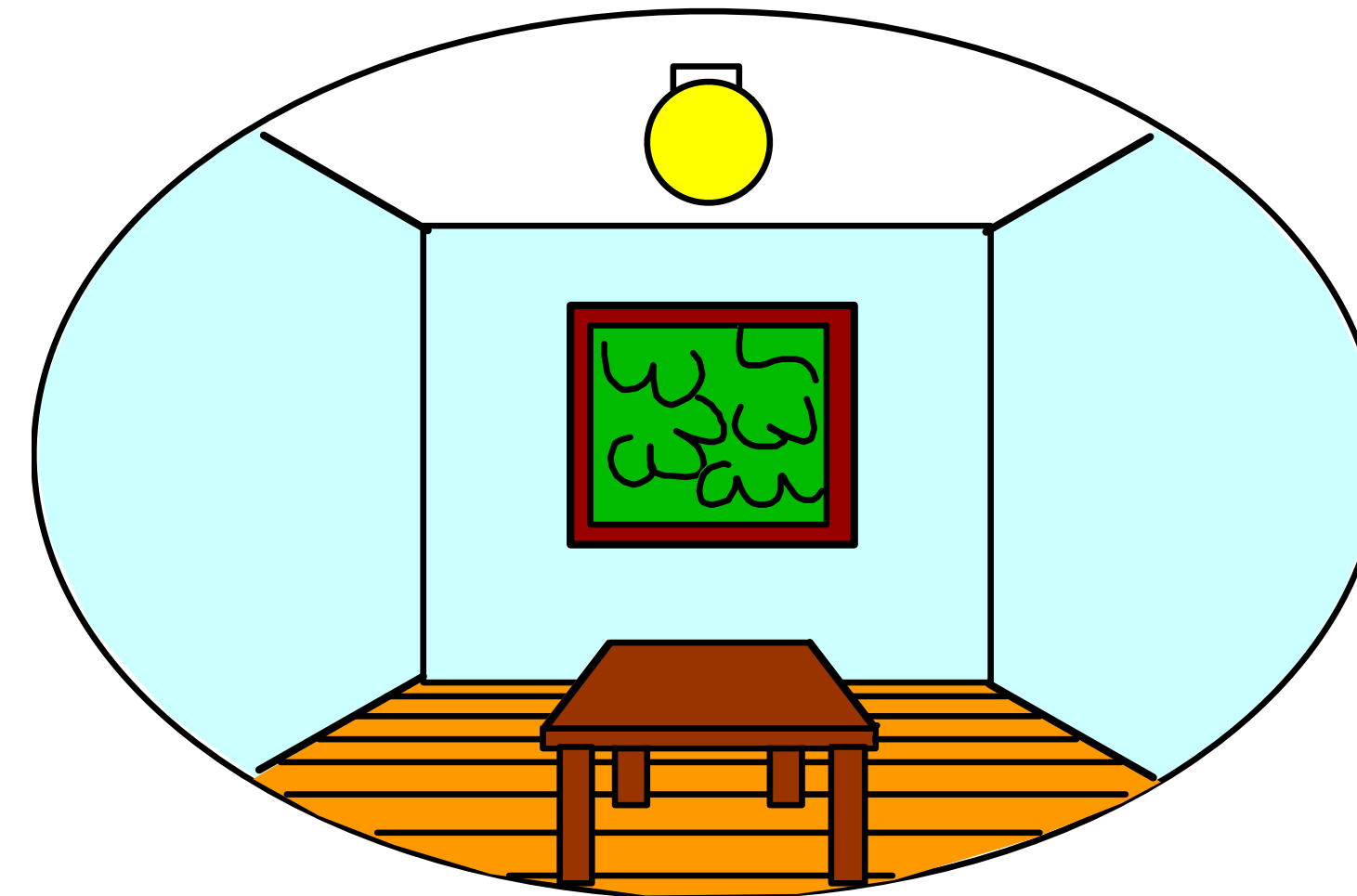


Image (2D)



Qu'est-ce qu'on perd?

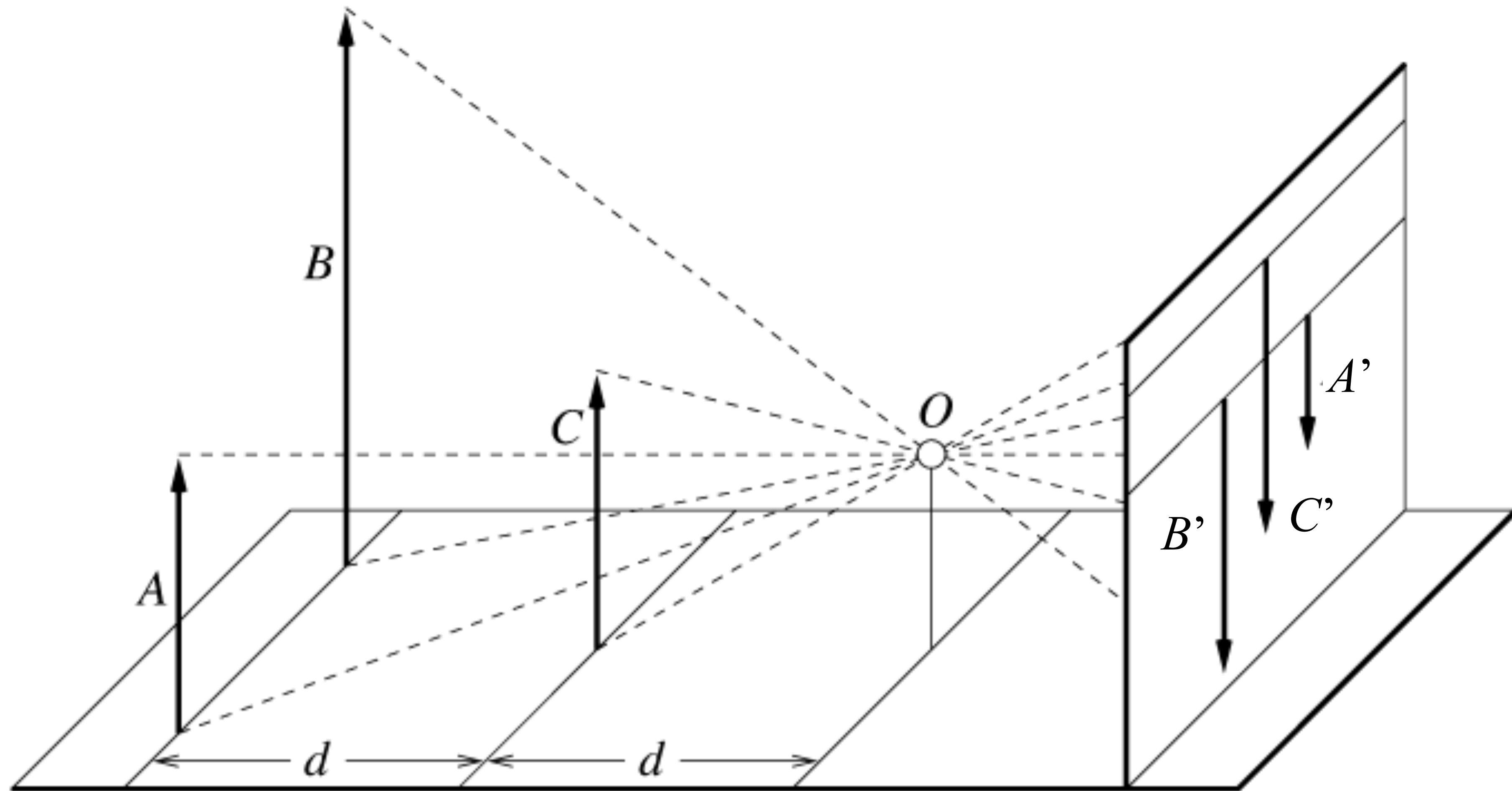
Les longueurs

Pour d'autres exemples,
cherchez « forced perspective »...



Qu'est-ce qu'on perd?

Les longueurs



Qu'est-ce qu'on perd?

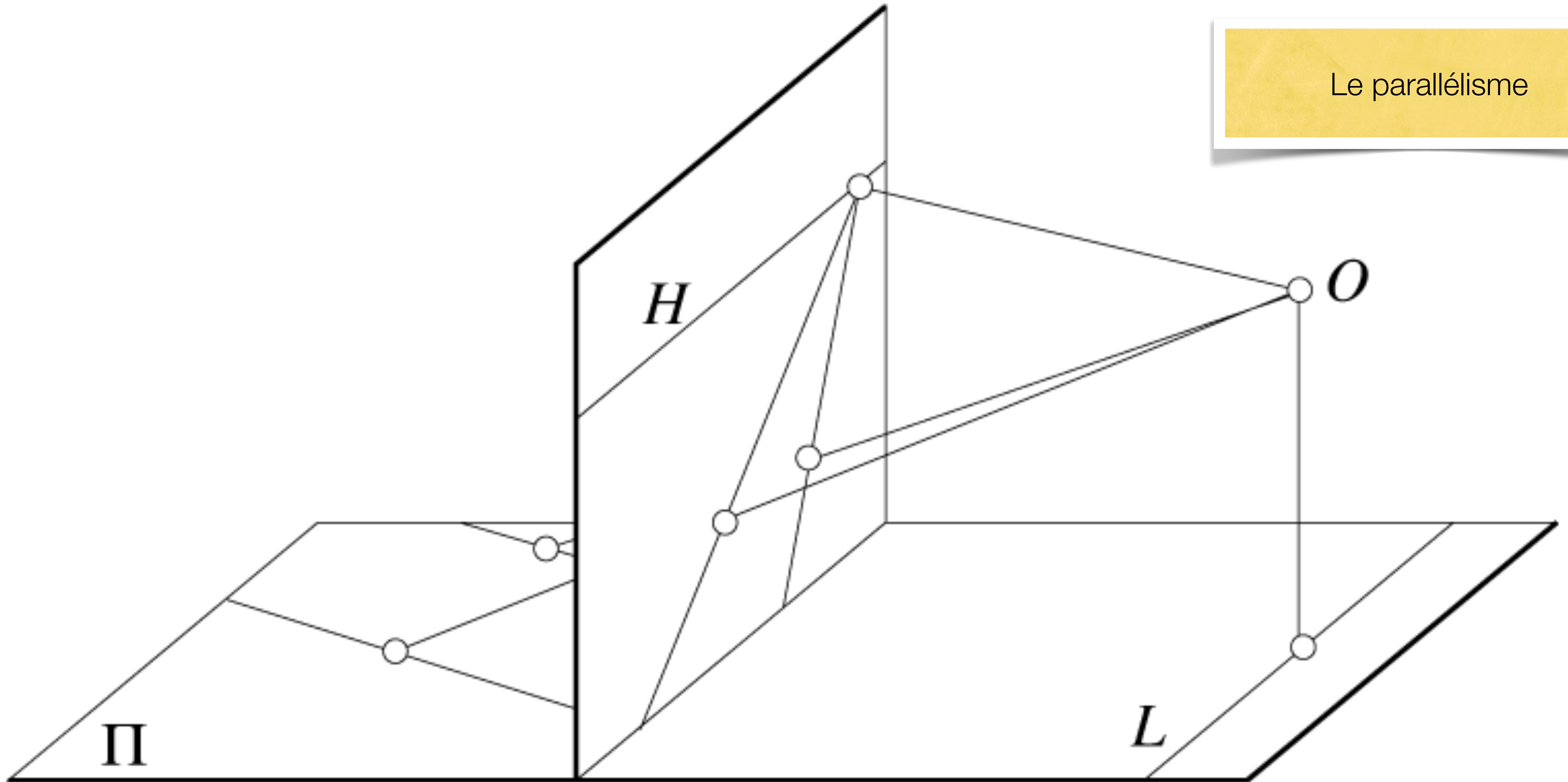
Les angles

Le parallélisme

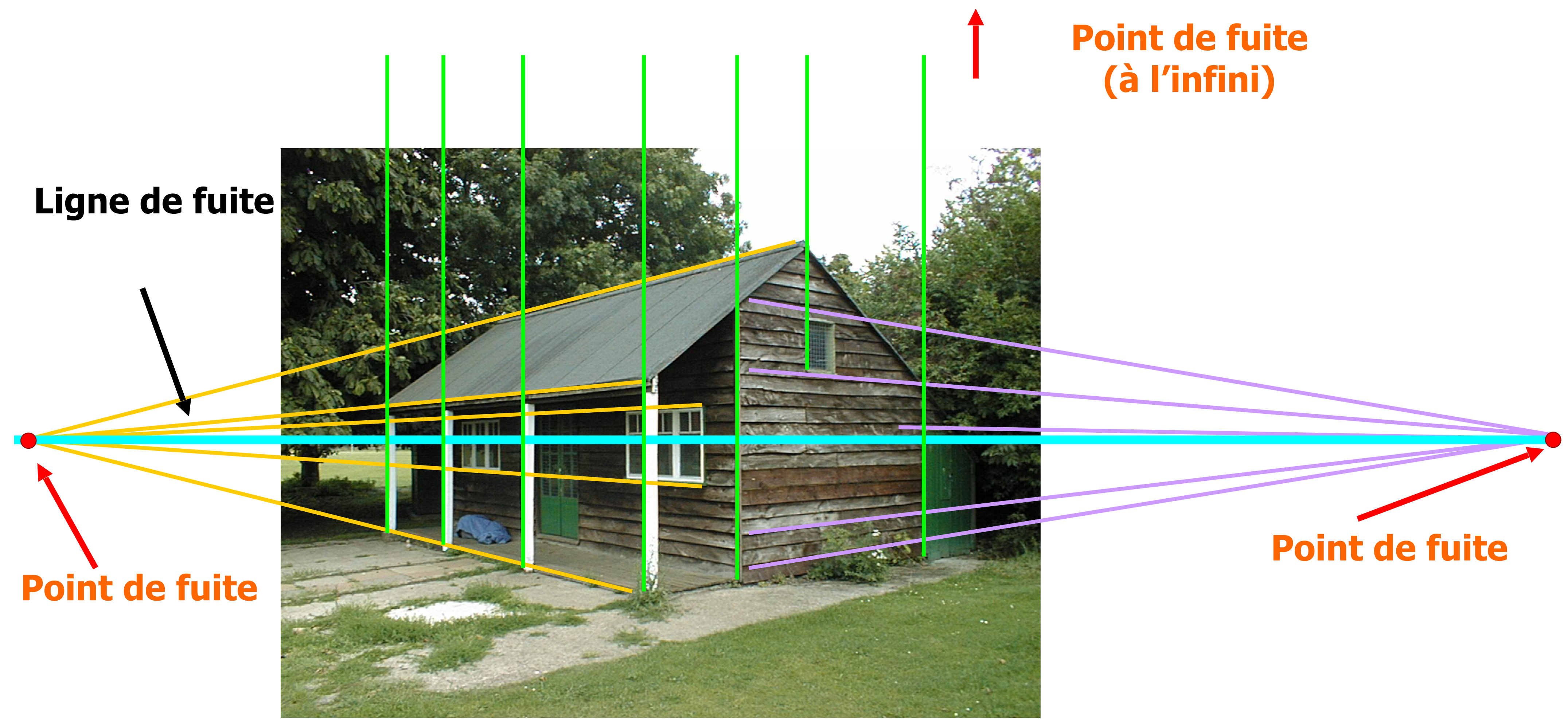


Qu'est-ce qu'on perd?

Le parallélisme



Lignes et points de fuite



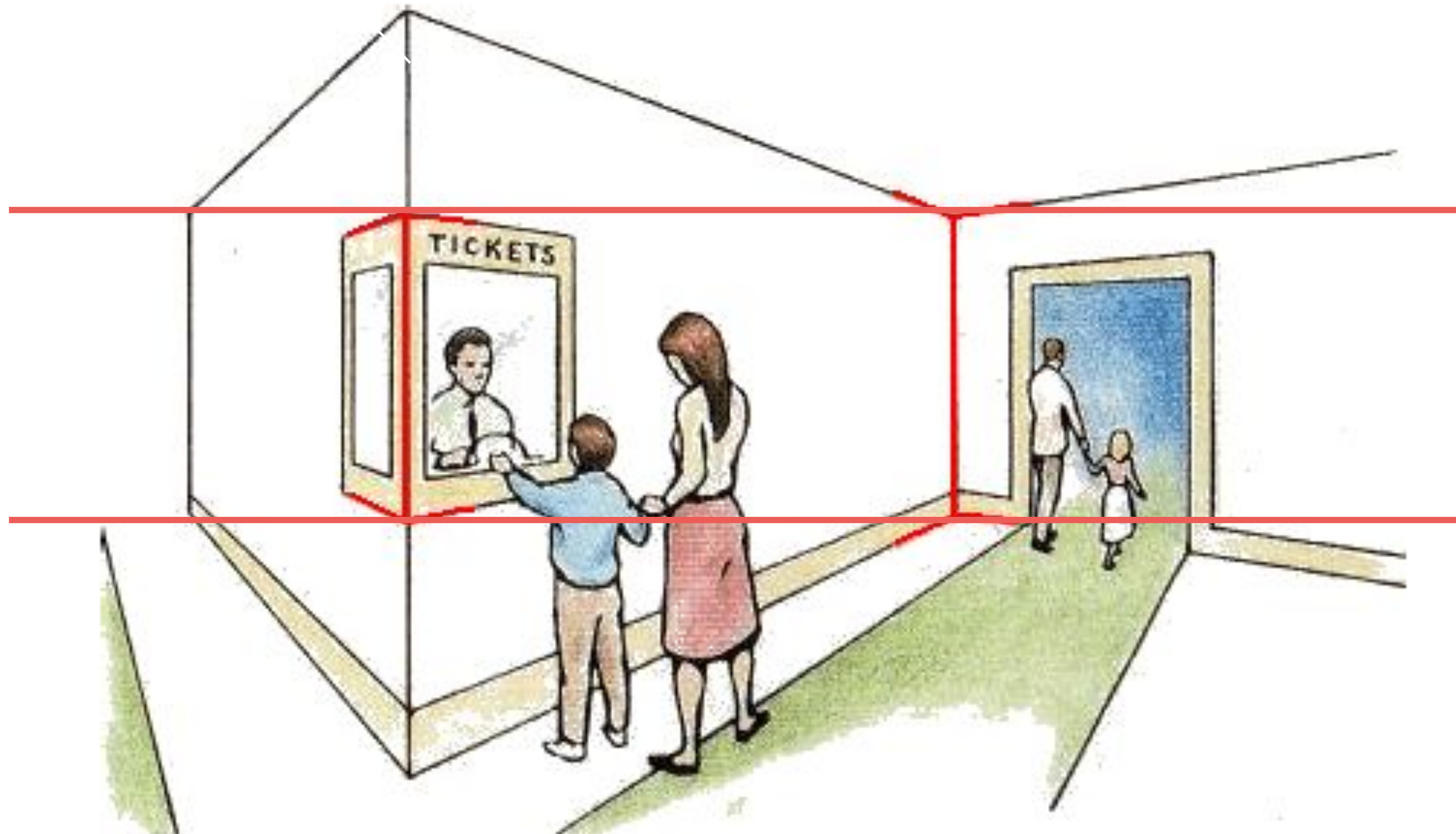
« Objets » de fuite?



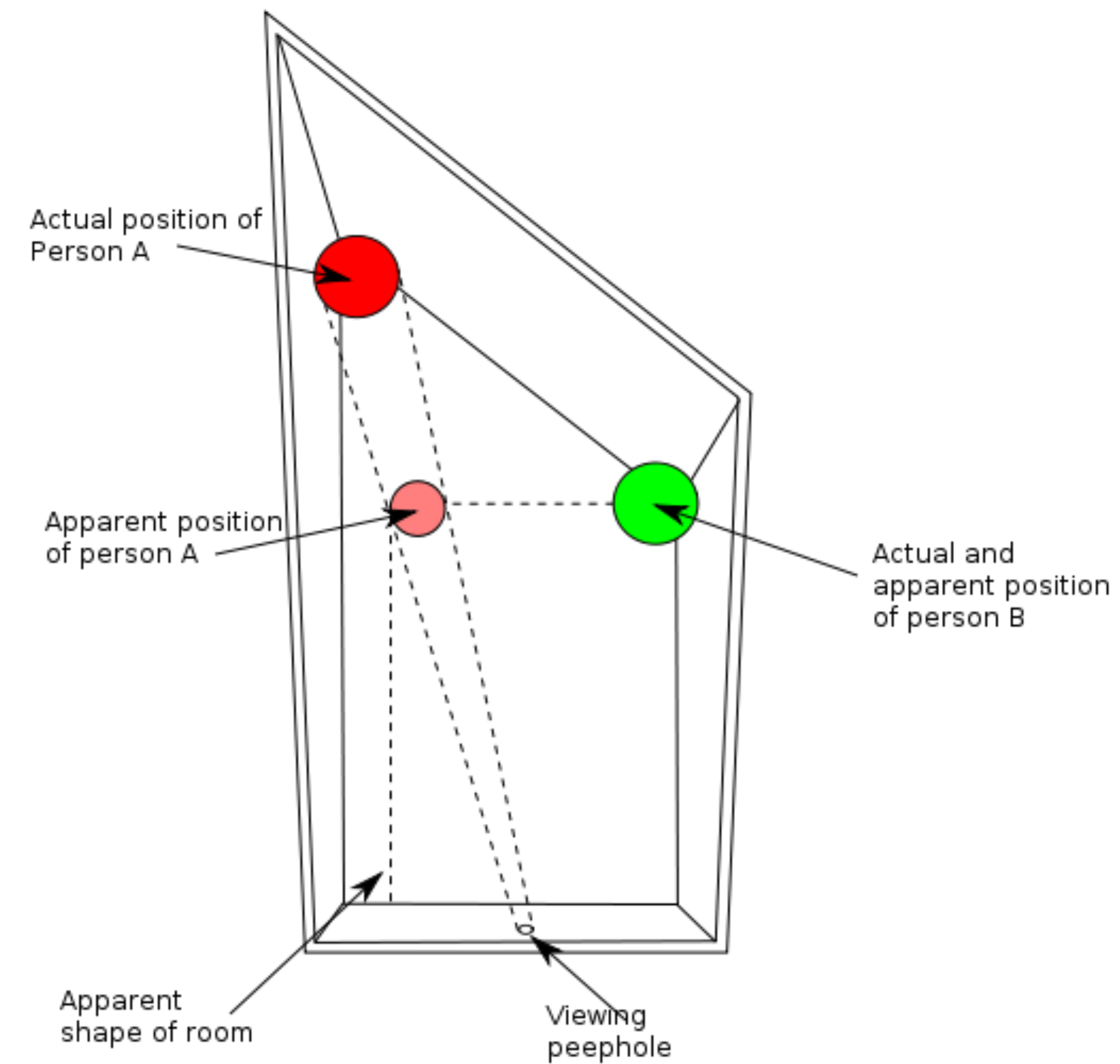
Nous exploitons ces effets!

Nous ne prenons pas de mesures dans le plan de l'image, mais tentons de les interpréter en 3D!

Illusion de Müller-Lyer

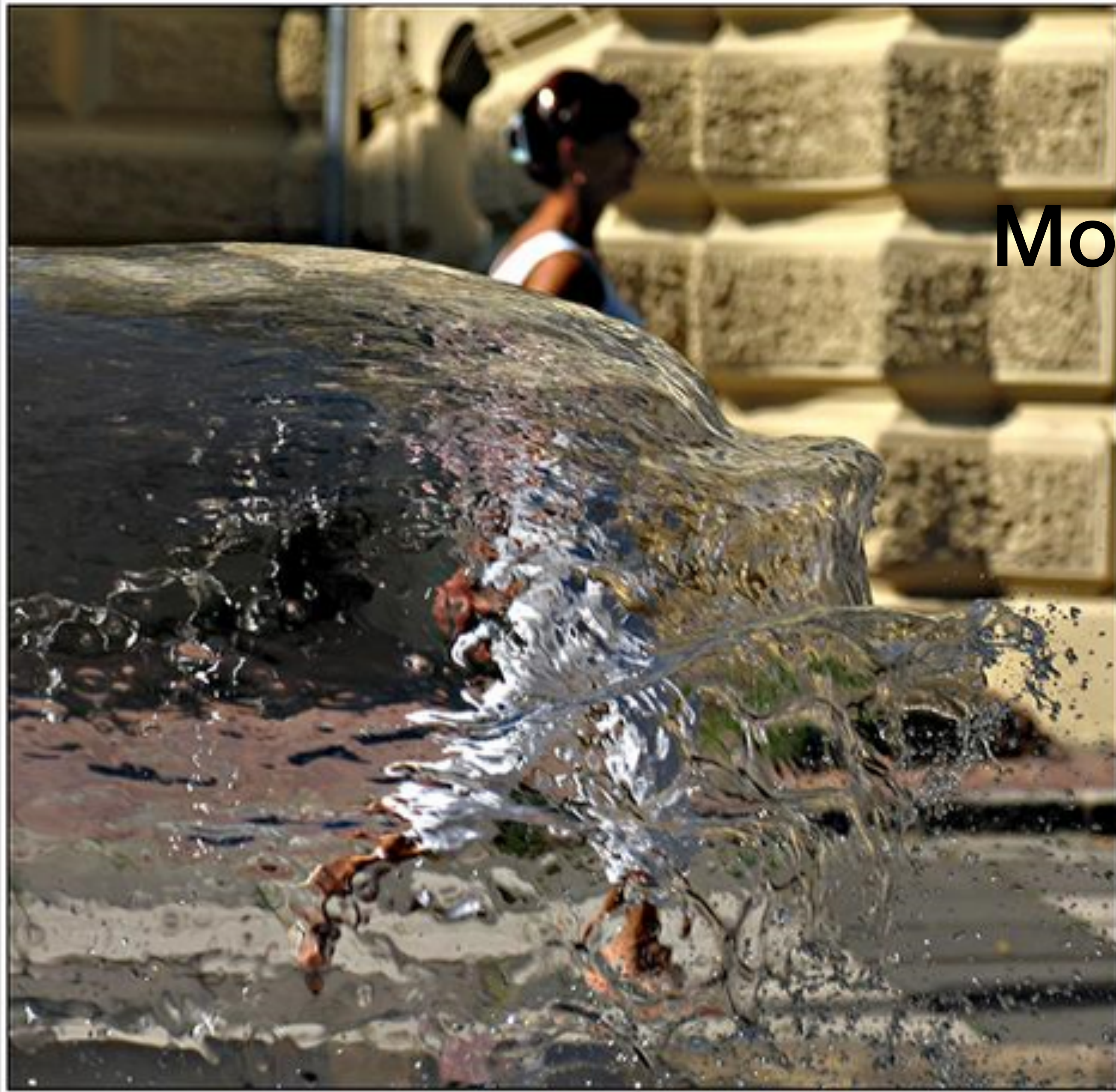


Ames room



La caméra

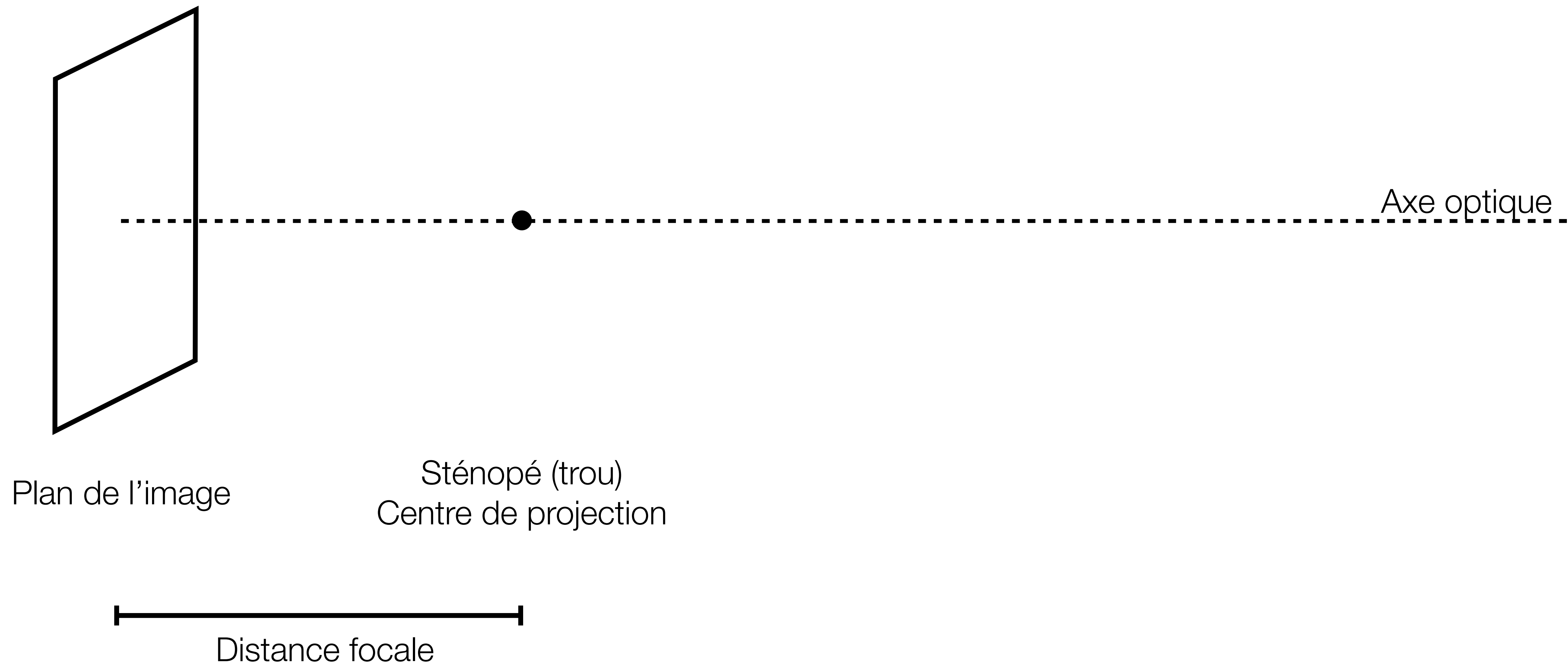
Modélisation géométrique



(c) Tomasz Pluciennik

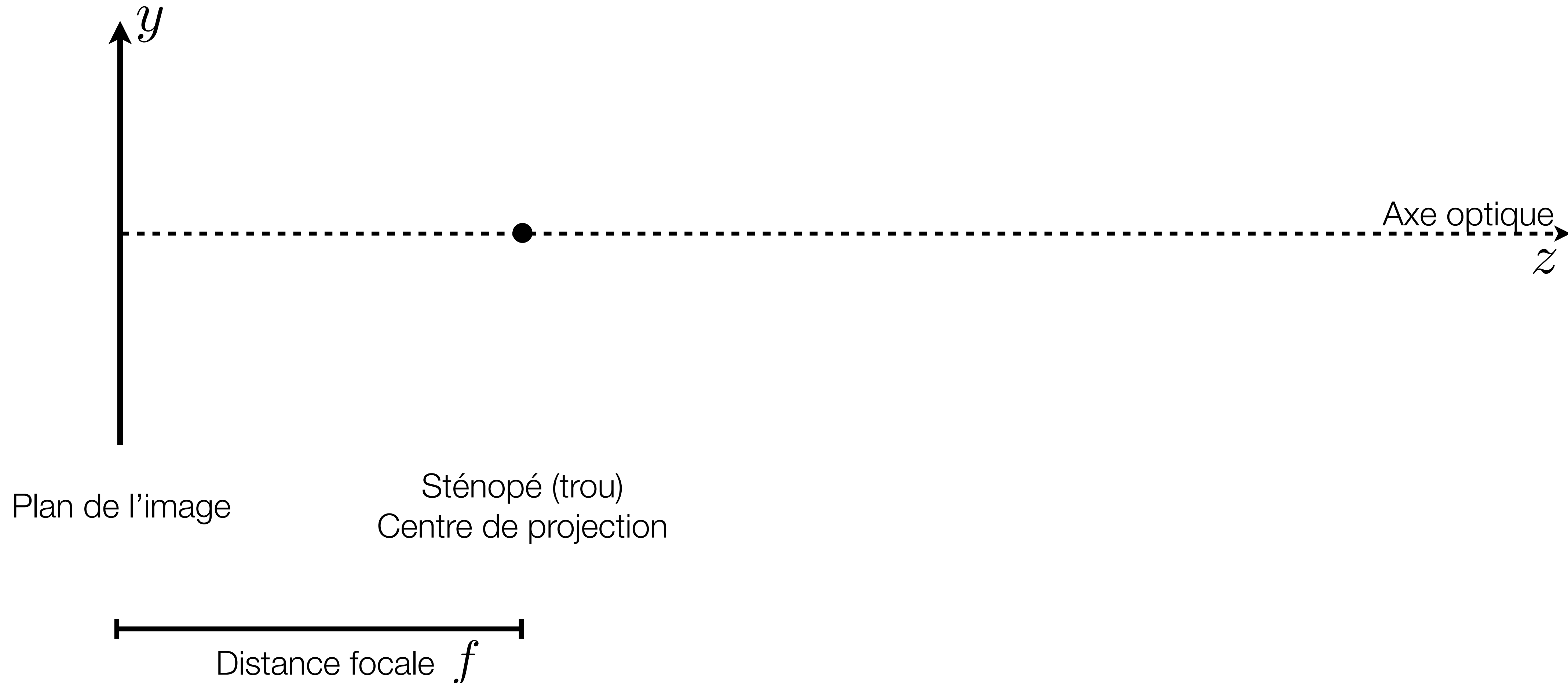
Modélisons la projection

Modèle mathématique : point + plan



Modélisons la projection

Modèle mathématique (2D) : point + ligne



Projection sous forme matricielle

- Est-ce que c'est linéaire?
 - Non! Il faut diviser par z ...
- Que faire?

$$x' = f \frac{x}{z} \quad y' = f \frac{y}{z}$$

Coordonnées homogènes à la rescousse!

- Représente des coordonnées 2-D avec un vecteur à 3 éléments

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{Coordonnées homogènes}} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ w \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{Point 2D}} \begin{bmatrix} x/w \\ y/w \end{bmatrix}$$

Représentation matricielle

$$\begin{aligned}x' &= f \frac{x}{z} \\ y' &= f \frac{y}{z}\end{aligned}$$

Représentation matricielle

- La projection est une multiplication matricielle en coordonnées homogènes:

$$\begin{bmatrix} wx' \\ wy' \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f & 0 & 0 \\ 0 & f & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}$$

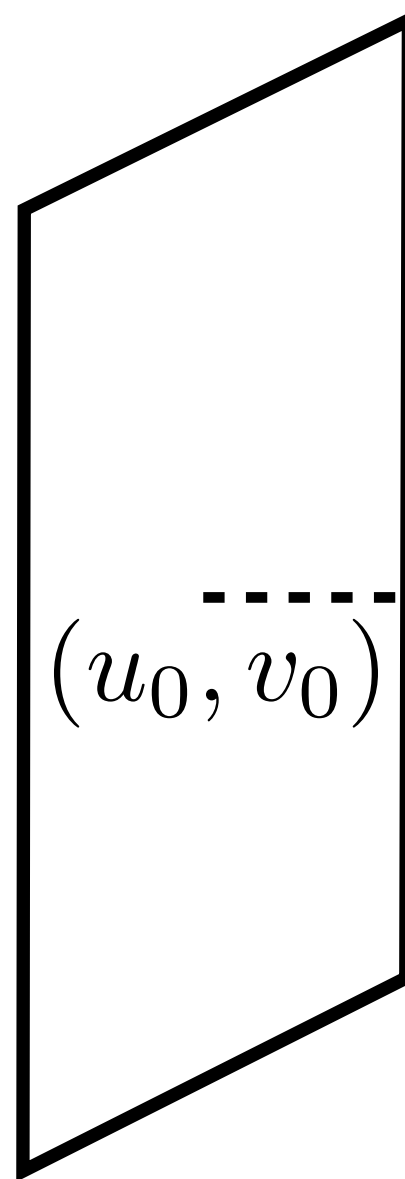
Matrice de projection

- Nombre d'inconnus?
 - 1 (f)
- Forme simple car nous avons fait plusieurs hypothèses...

Hypothèse #1 : centre de l'image

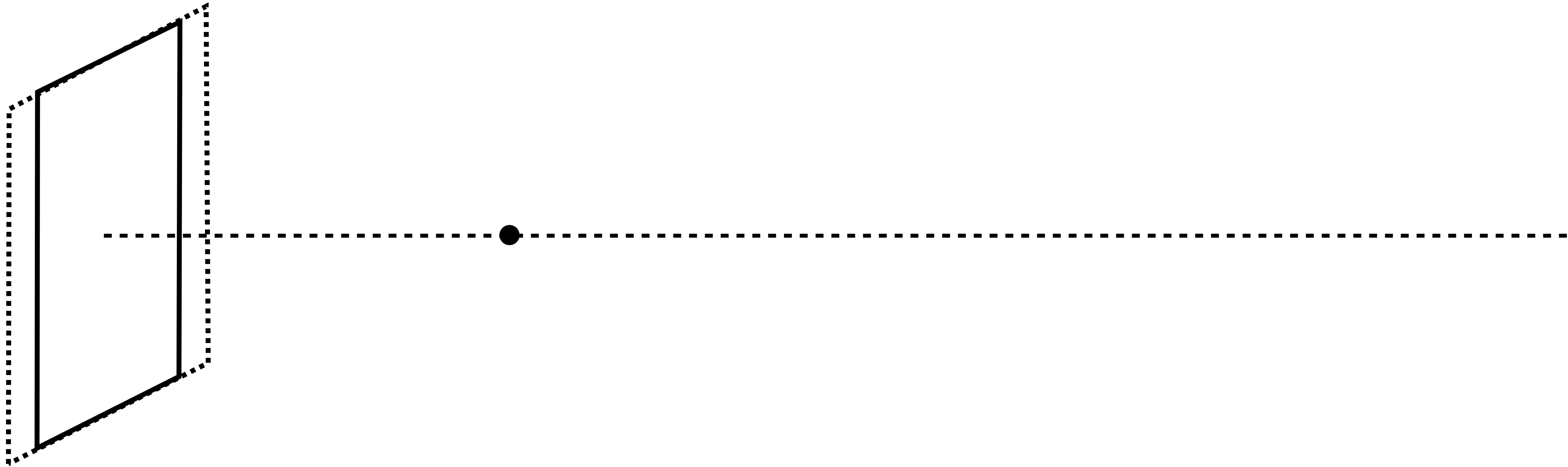
$$x' = f \frac{x}{z} + u_0$$

$$y' = f \frac{y}{z} + v_0$$



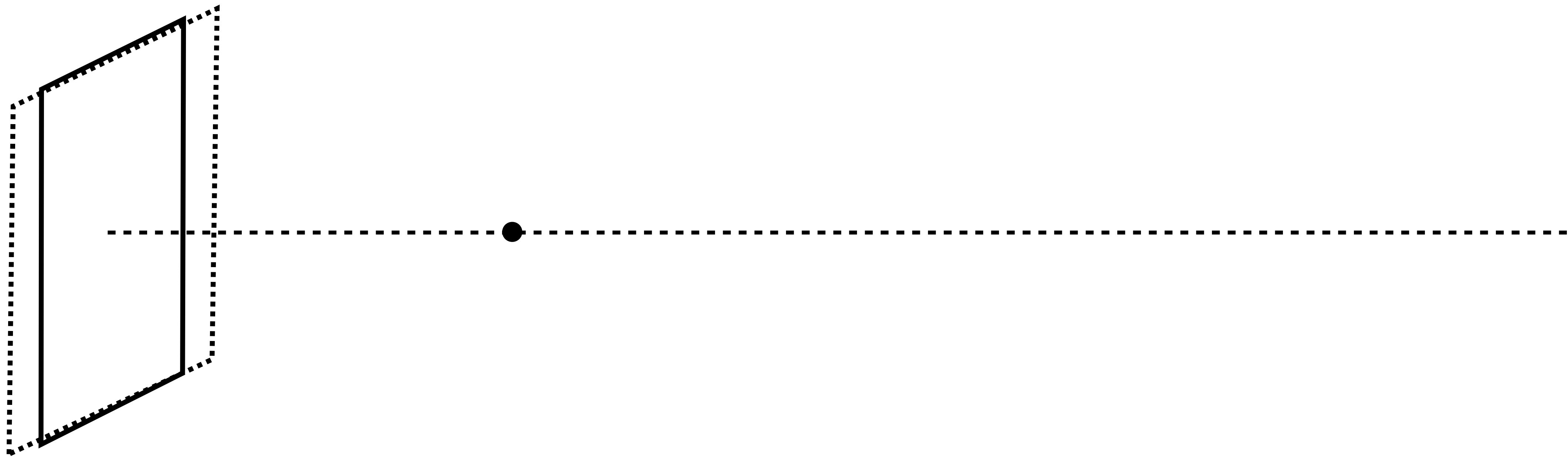
$$\begin{bmatrix} wx' \\ wy' \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f & 0 & u_0 \\ 0 & f & v_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}$$

Hypothèse #2 : pixels carrés



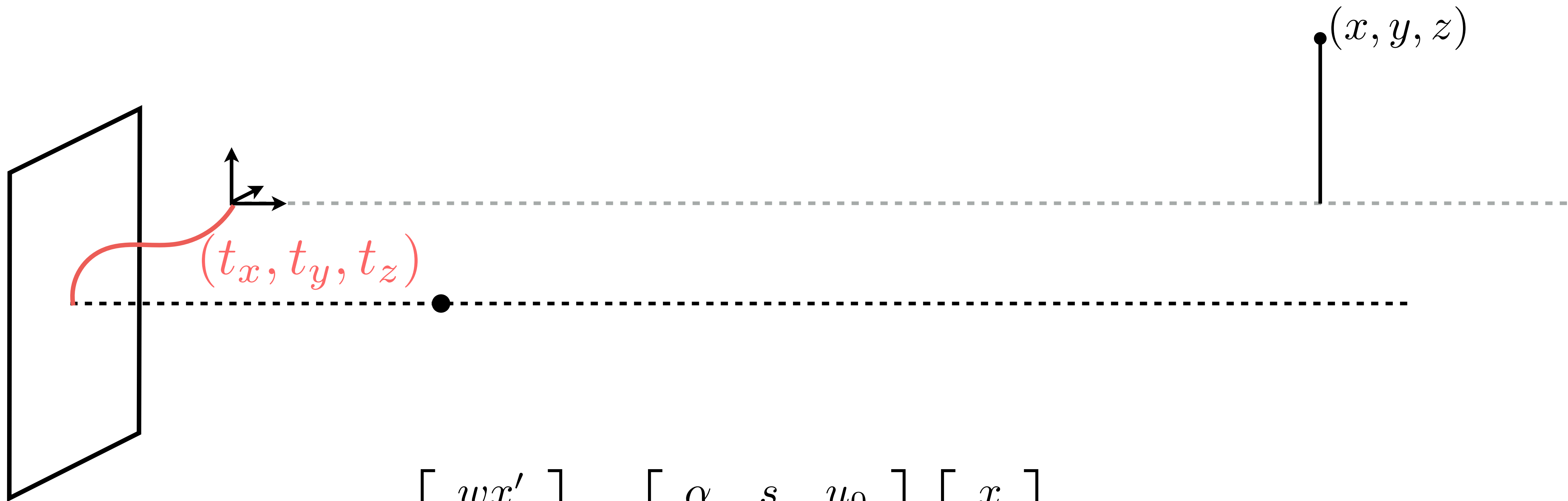
$$\begin{bmatrix} wx' \\ wy' \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha & 0 & u_0 \\ 0 & \beta & v_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}$$

Hypothèse #3 : axes perpendiculaires



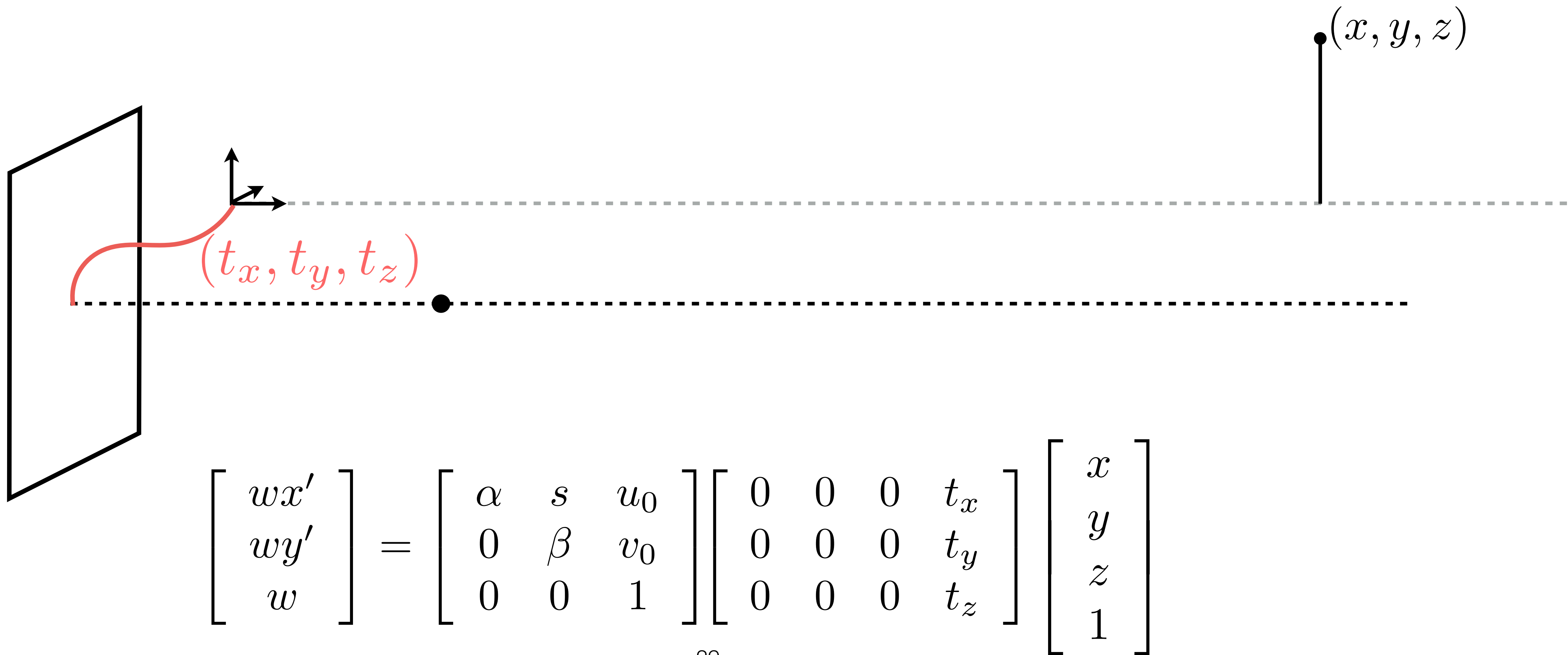
$$\begin{bmatrix} wx' \\ wy' \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha & \theta & u_0 \\ 0 & \beta & v_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}$$

Hypothèse #4 : caméra à l'origine

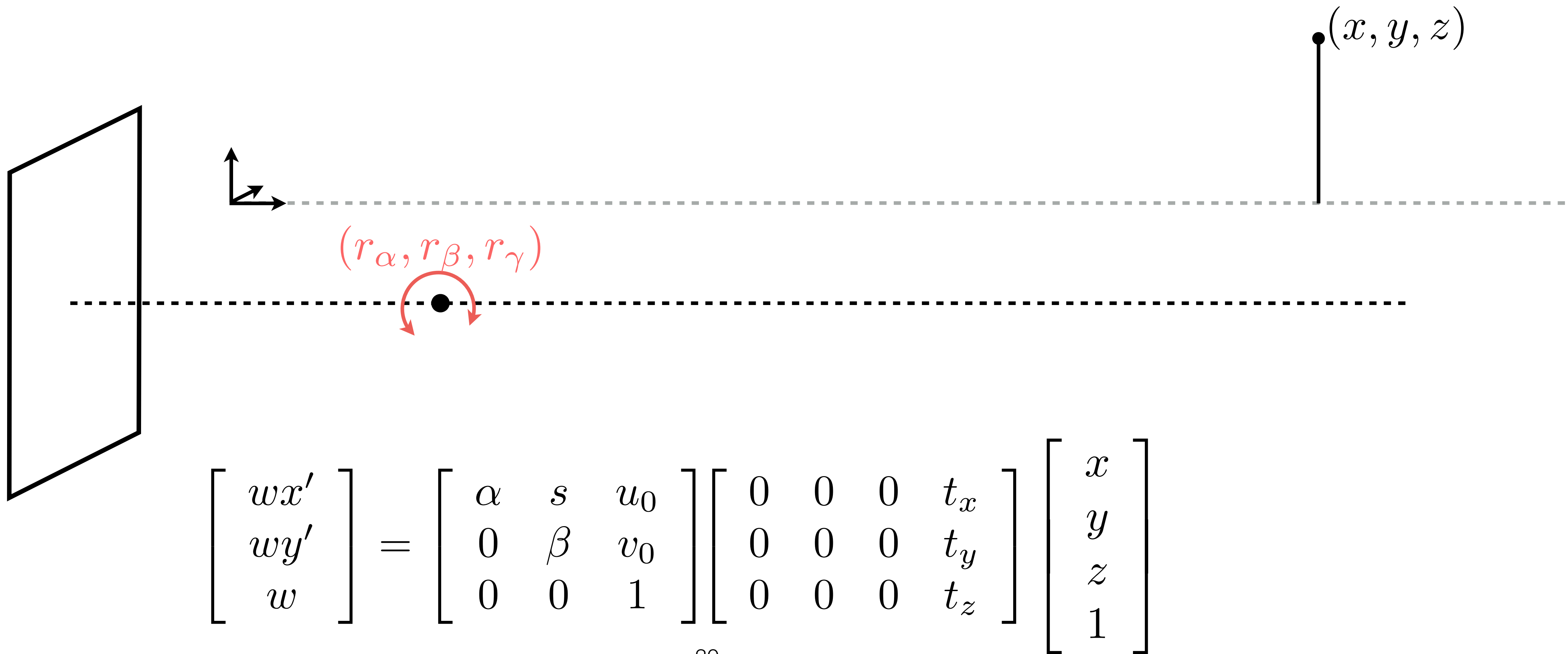


$$\begin{bmatrix} wx' \\ wy' \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha & s & u_0 \\ 0 & \beta & v_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}$$

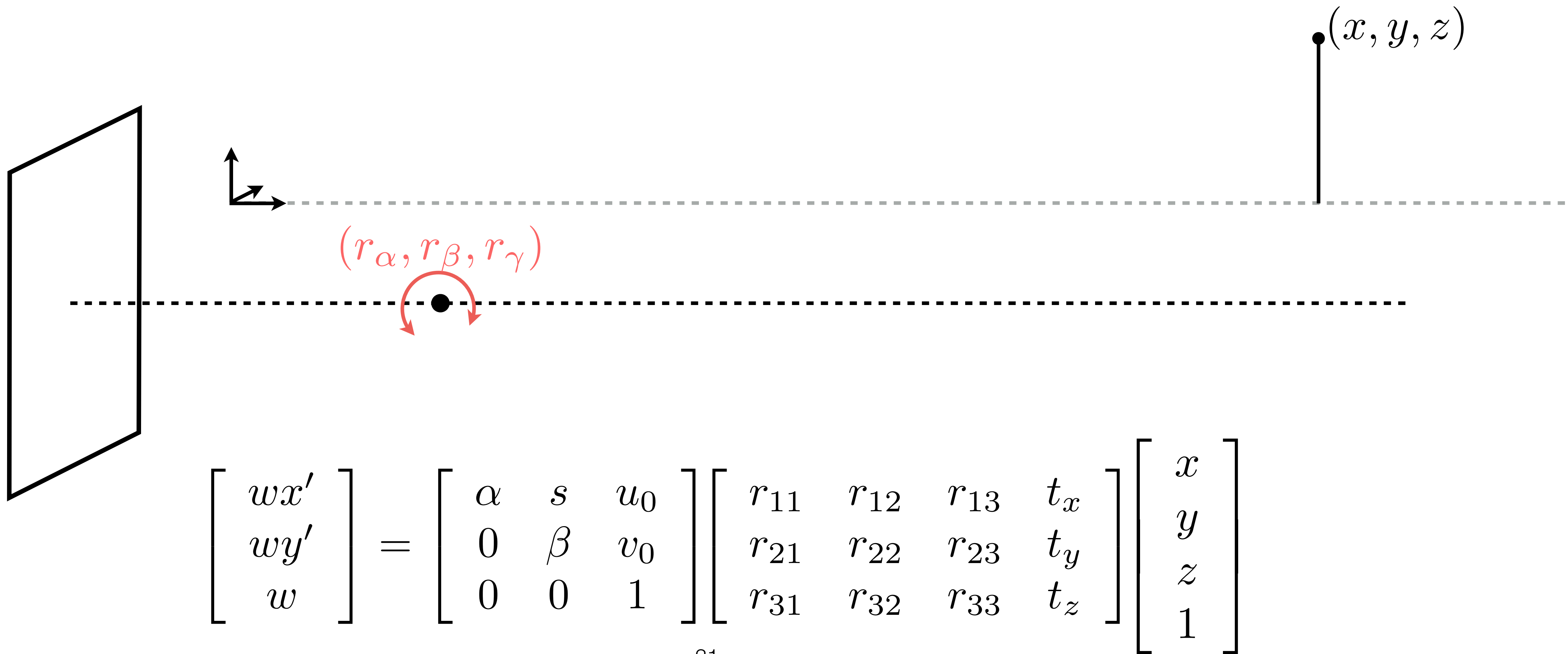
Hypothèse #4 : caméra à l'origine



Hypothèse #5 : pas de rotation



Hypothèse #5 : pas de rotation



Matrice de projection

$$\begin{bmatrix} wx' \\ wy' \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha & s & u_0 \\ 0 & \beta & v_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & t_x \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & t_y \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & t_z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix}$$

Paramètres
intrinsèques

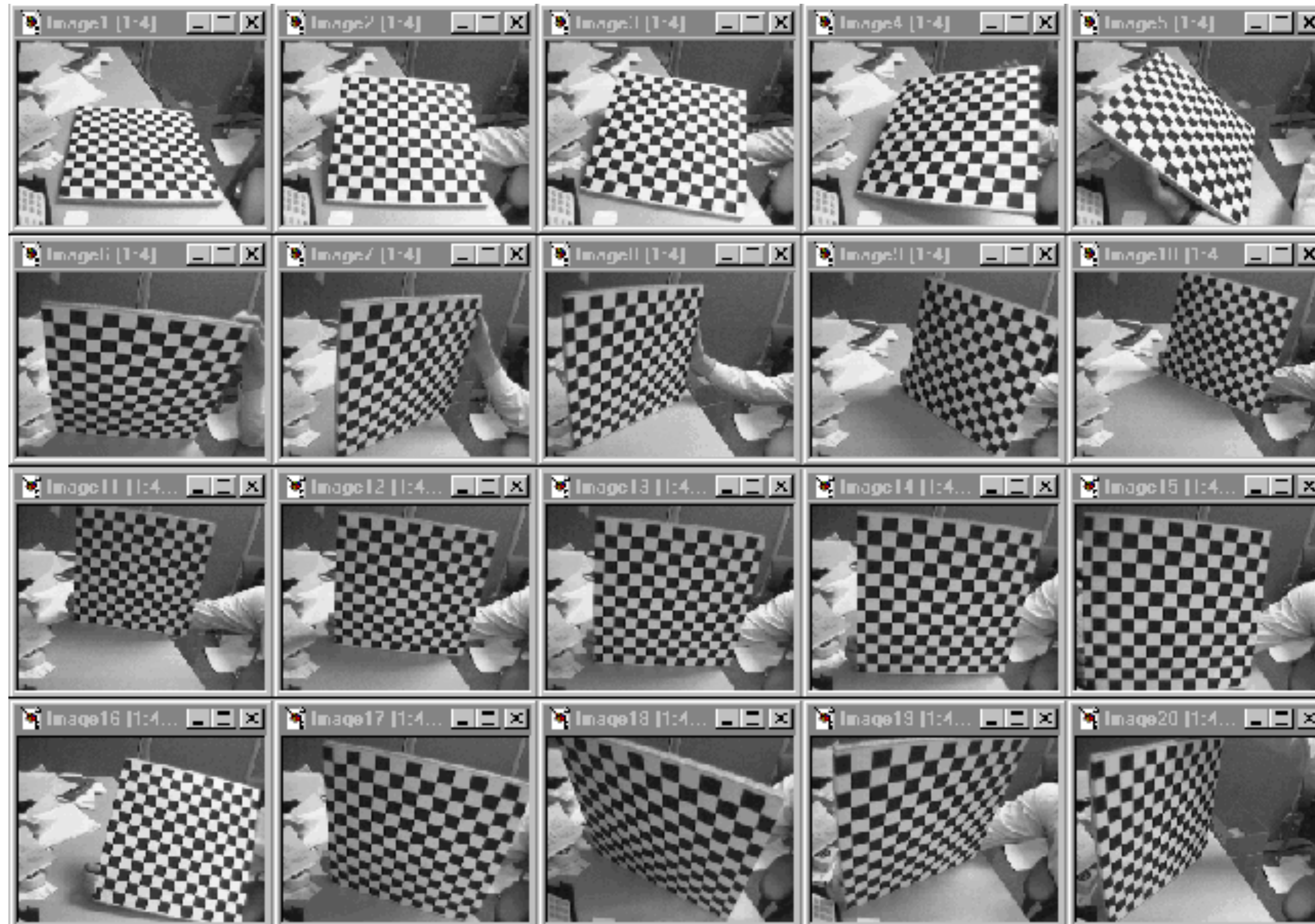
Paramètres
extrinsèques

$$\mathbf{p}' = \mathbf{M}\mathbf{p}$$

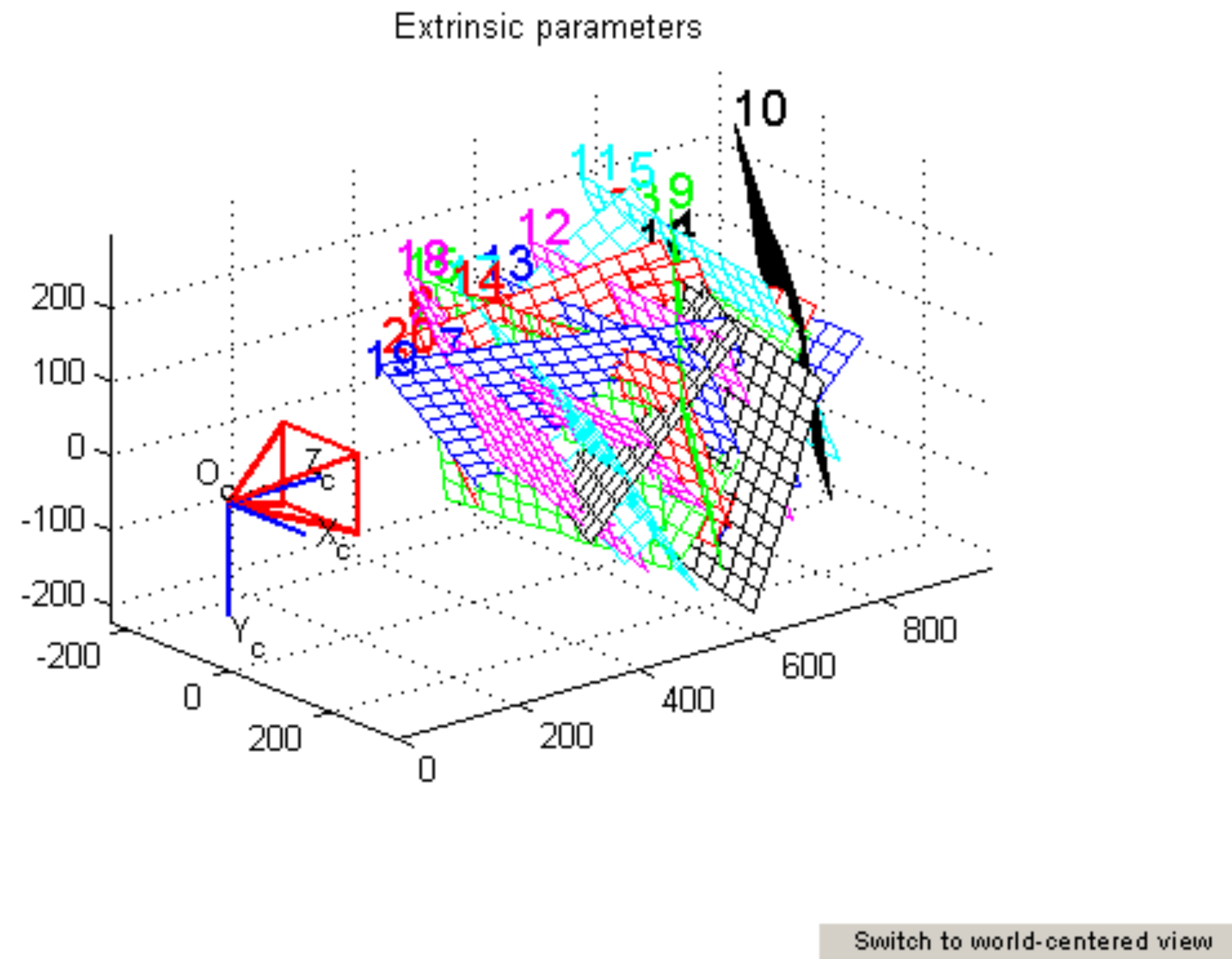
Quelles sont les dimensions de **M**?

Combien y a-t-il d'inconnus?

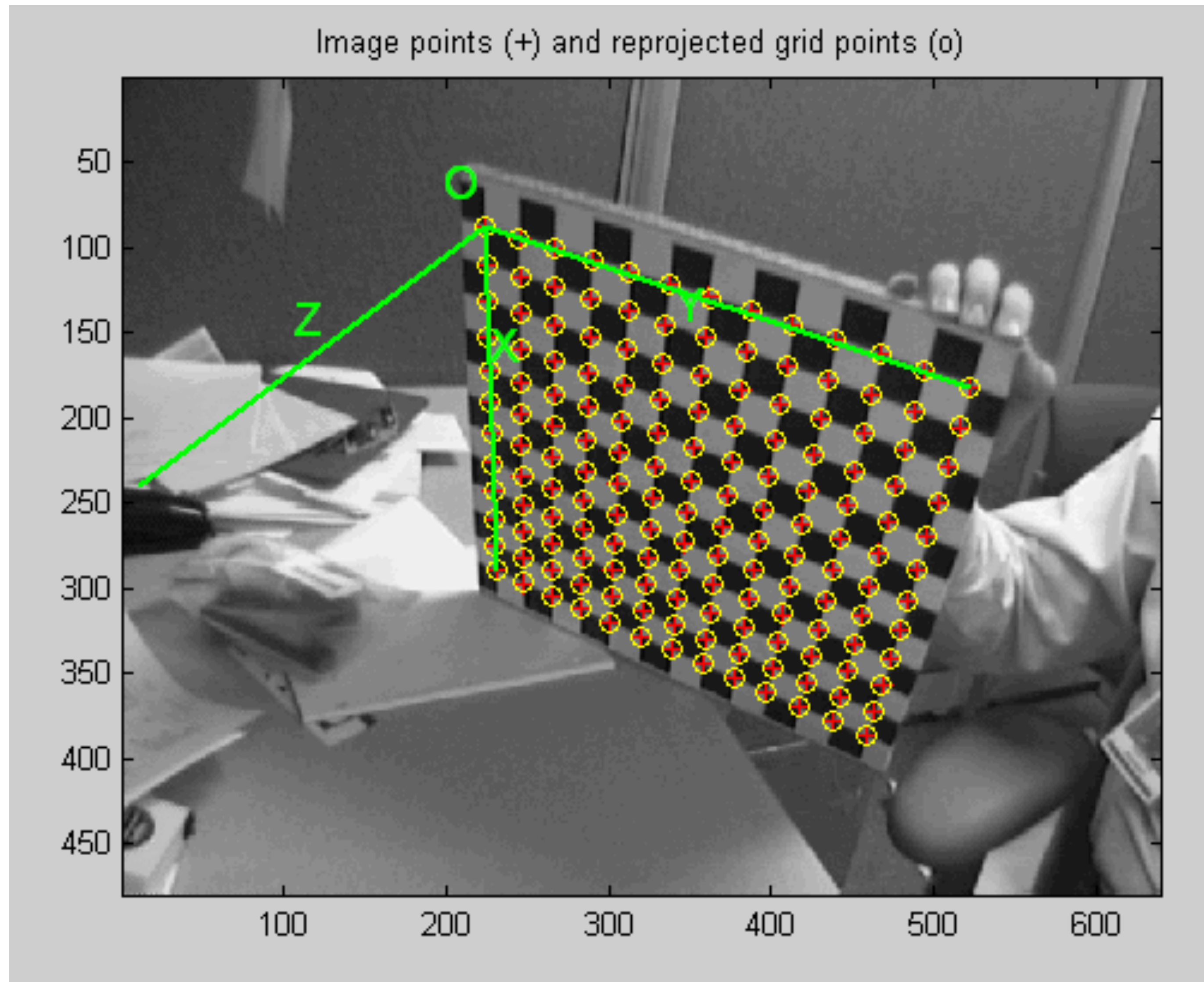
Estimer les paramètres de la caméra



Estimer les paramètres de la caméra



Estimer les paramètres de la caméra



Calibrage de caméra

Plus de détails?

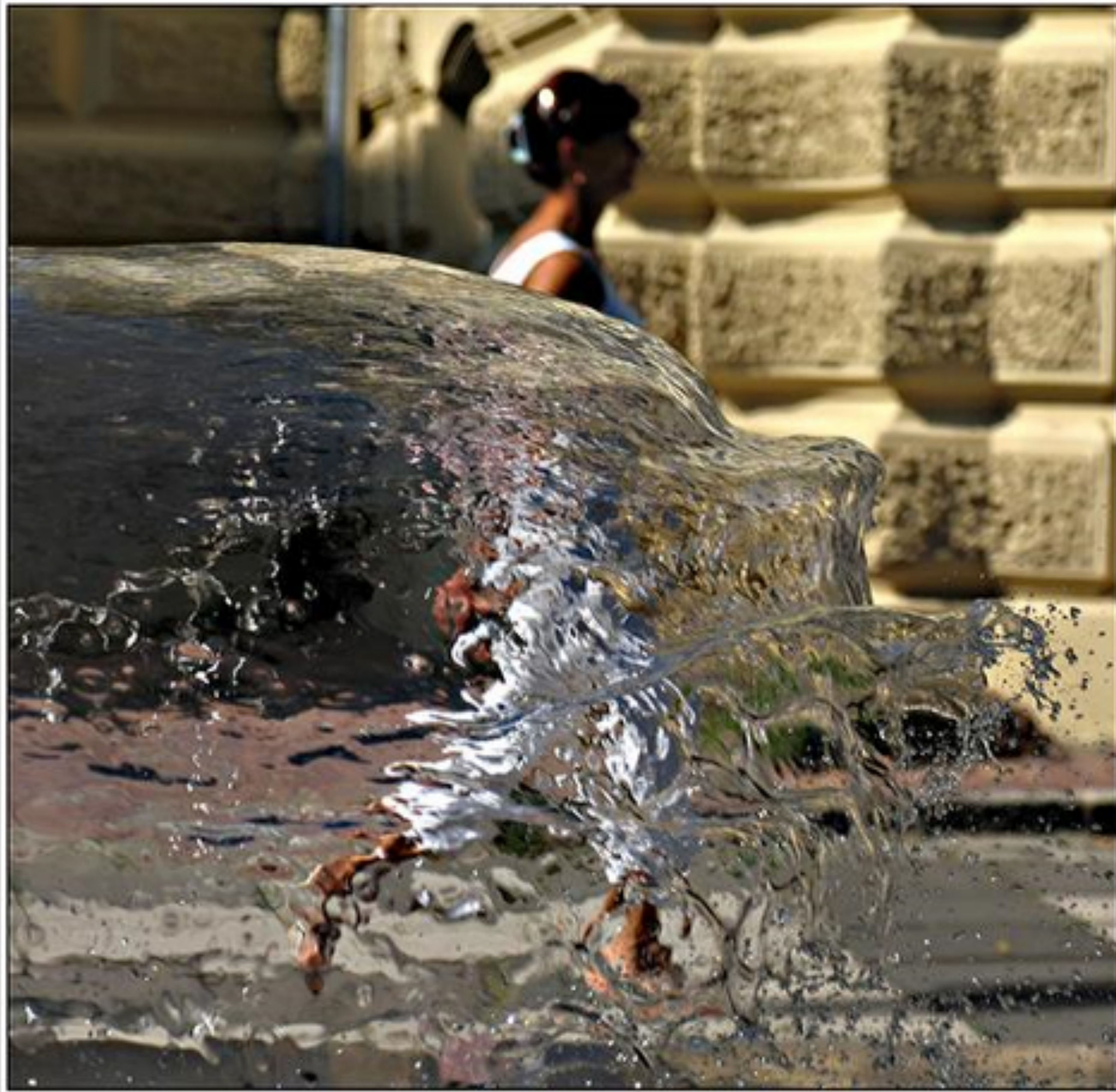
Faculté des sciences et de génie
Département de génie électrique et de génie informatique



PLAN DE COURS

GIF-4100 : Vision numérique

La caméra Lentilles

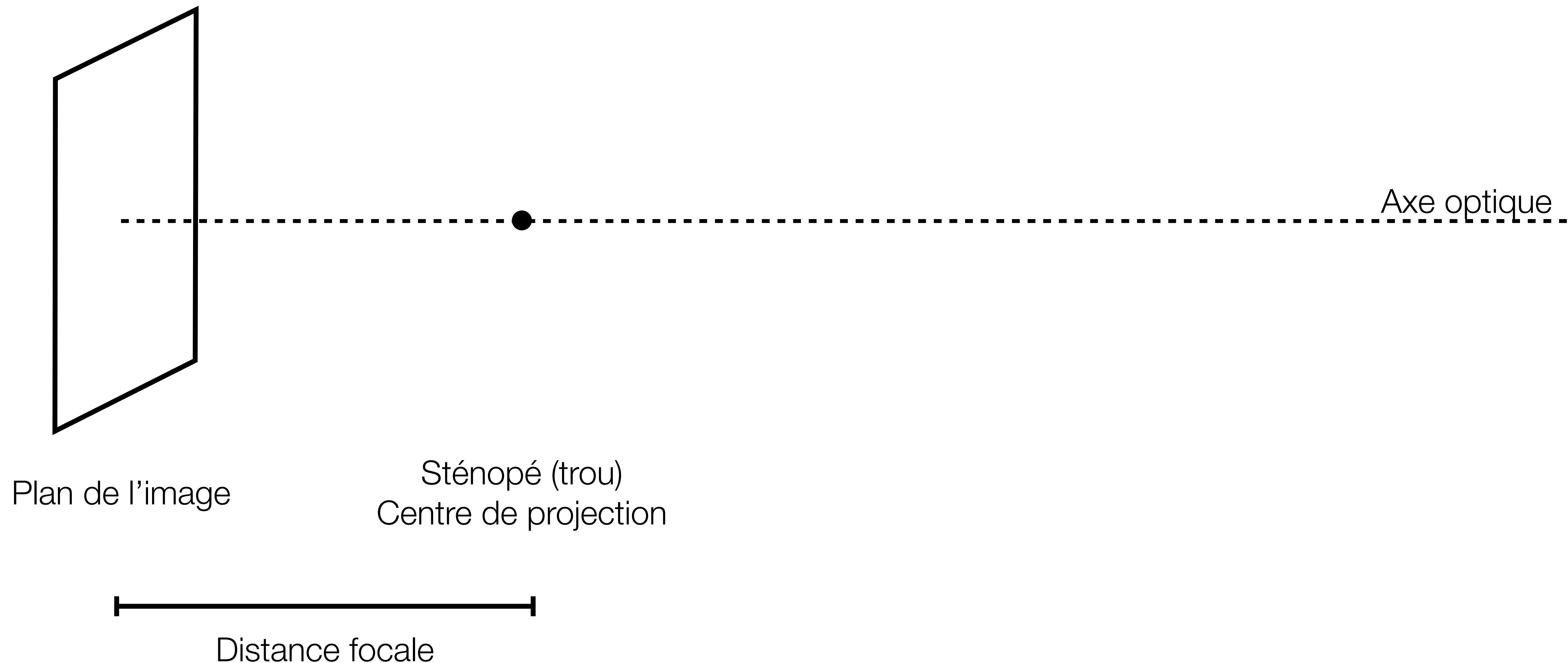


GIF-4105/7105 Photographie Algorithmique
Jean-François Lalonde

(c) Tomasz Pluciennik

Caméra sténopé (*pinhole*)

Modèle mathématique : point + plan



Une façon plus « moderne » de créer un sténopé

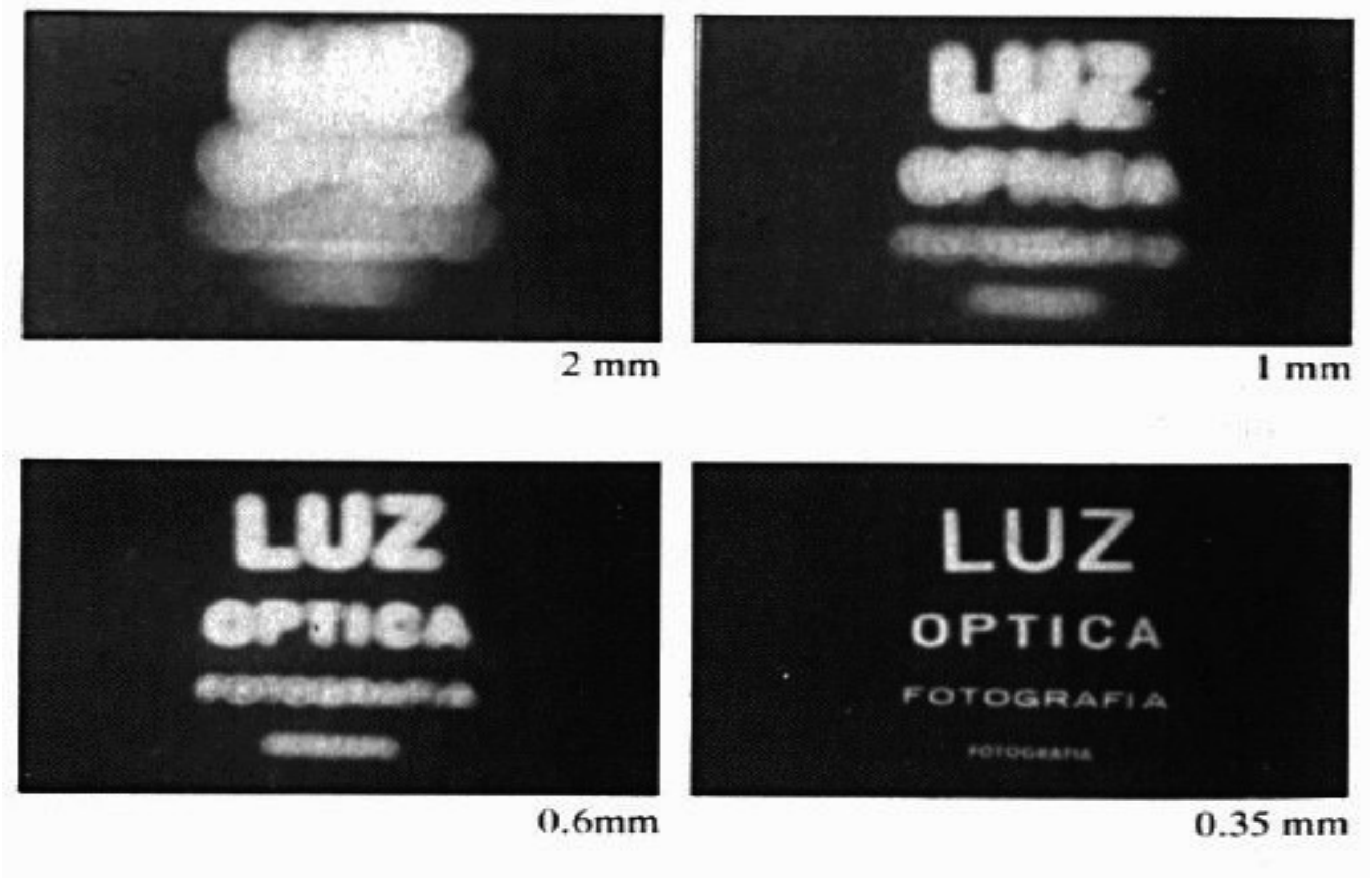


Pourquoi si flou?

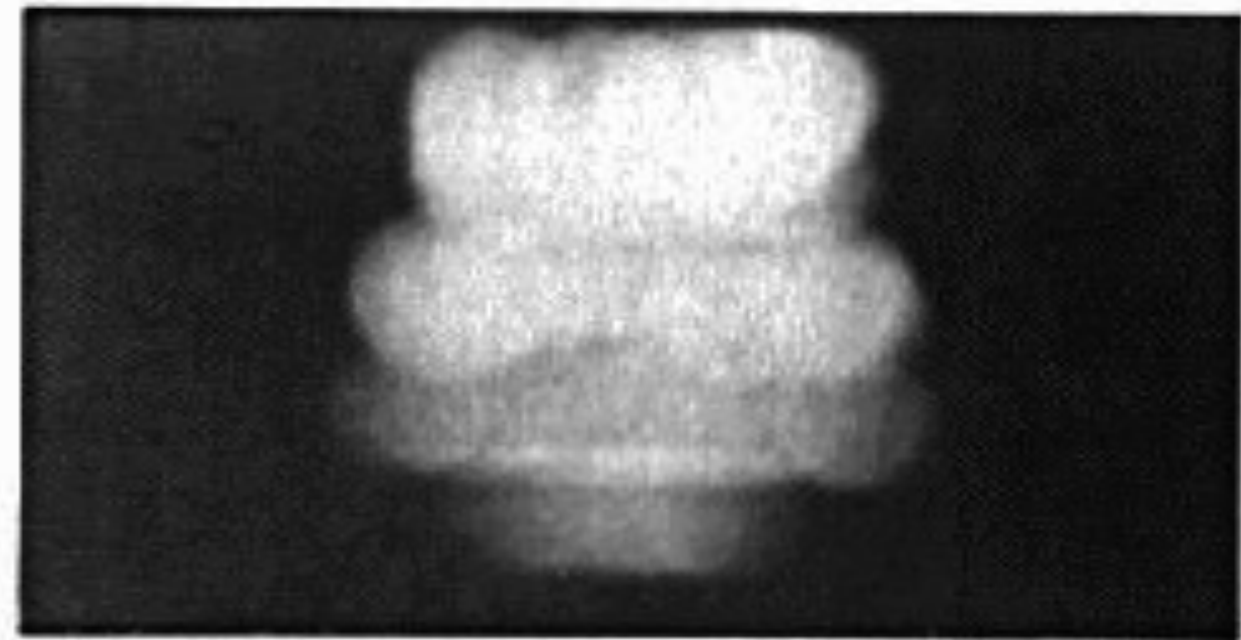
Comment améliorer la netteté
de l'image?



Réduisons l'ouverture



Réduisons l'ouverture



2 mm



1 mm

Plus de lumière, mais flou!



0.6mm



0.35 mm

Net, mais peu de lumière



0.15 mm 41

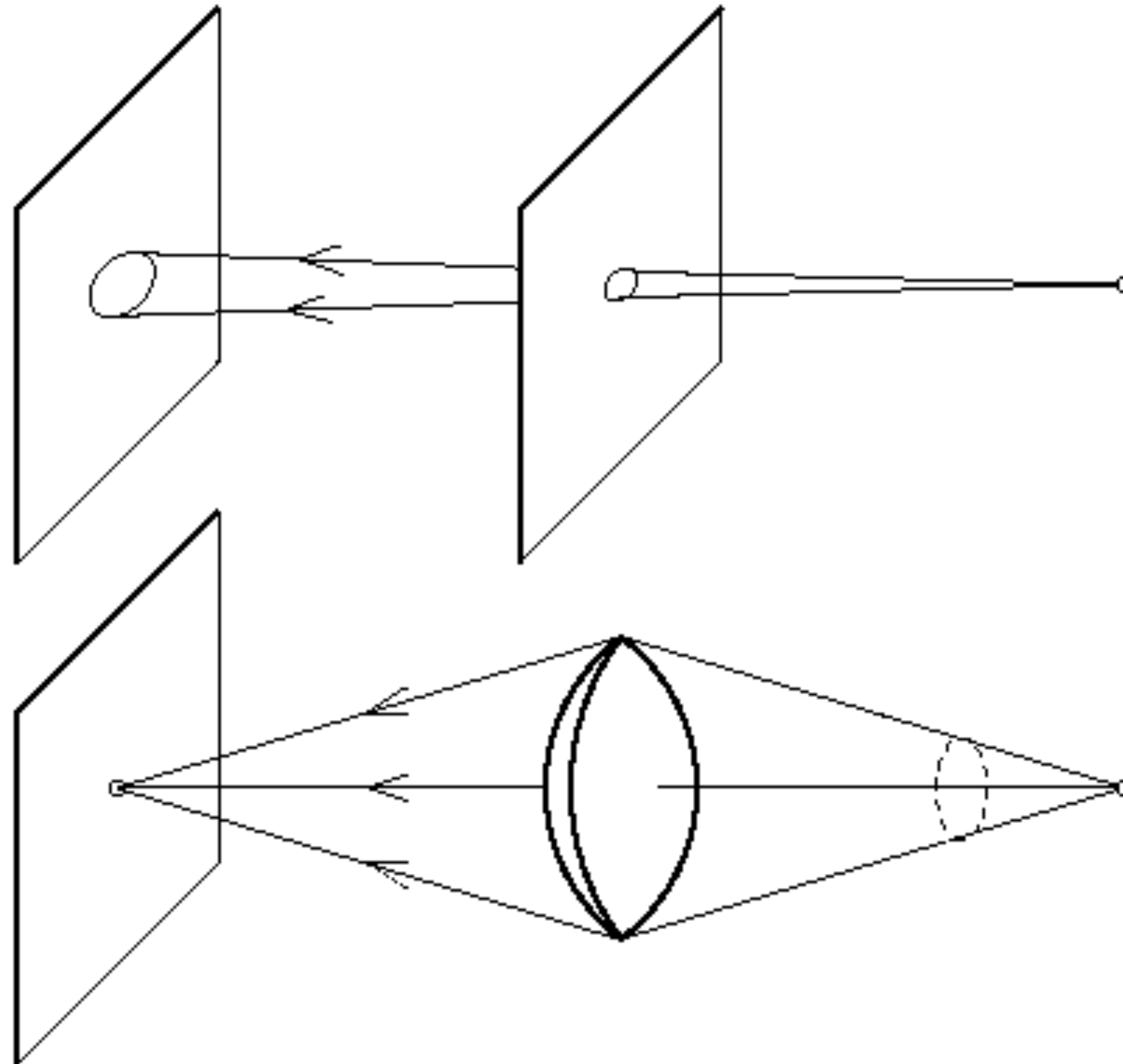


0.07 mm

Diffraction!

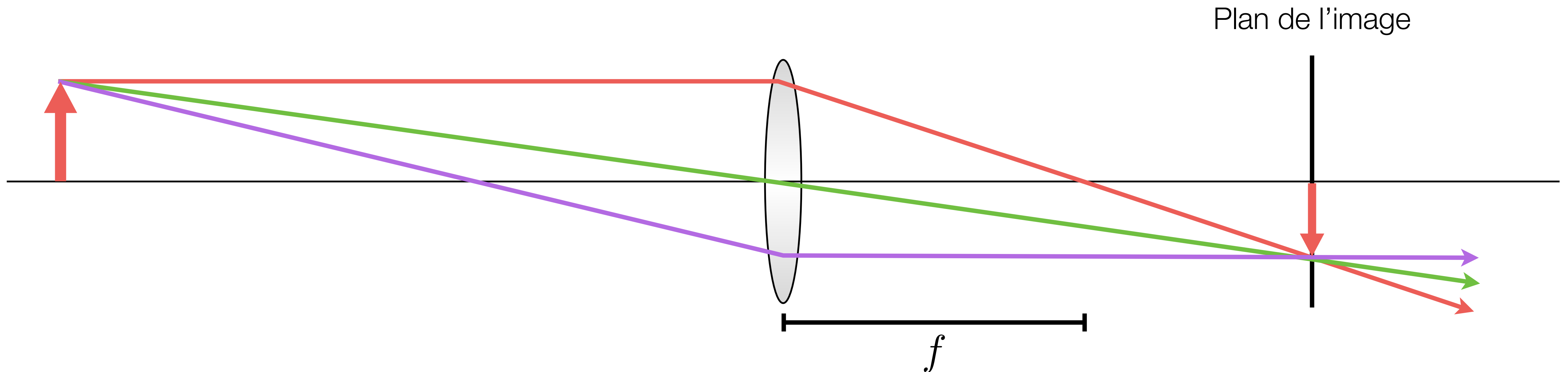
Solution?

Lentilles!

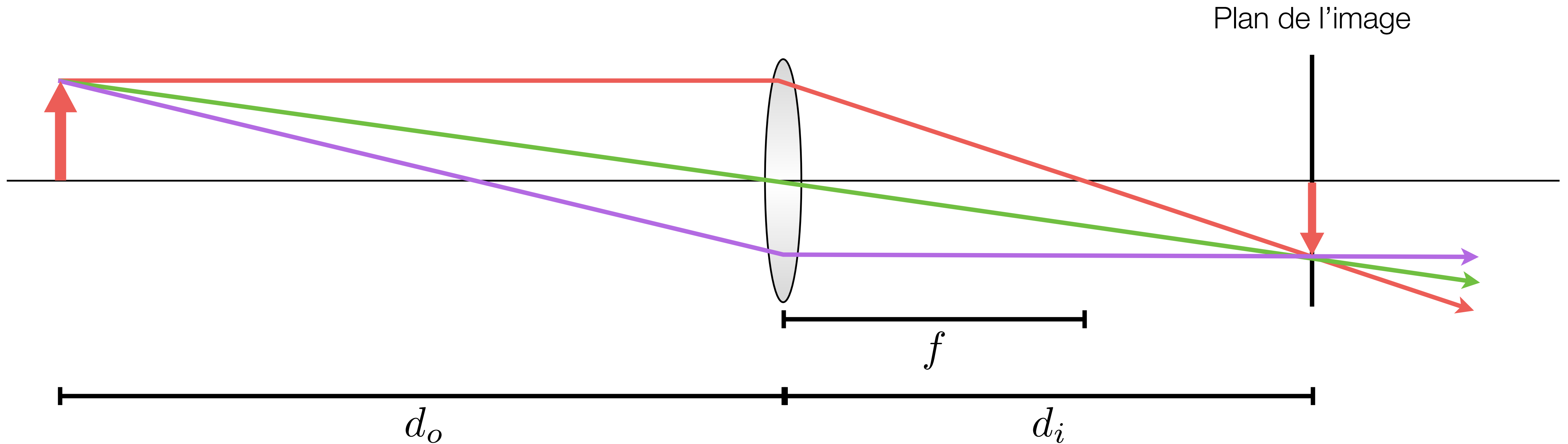


Lentilles minces

- Géométrie optique simplifiée:
 - tous les rayons parallèles convergent (pour une lentille convergente) en un point à une distance f de la lentille (la distance focale)
 - les rayons passant par le centre de la lentille ne sont pas déviés (comme le sténopé)



Lentilles minces



Équation des lentilles minces

$$\frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} = \frac{1}{f}$$

Comment contrôler la distance où les objets sont en focus (d_o)?

Pour expérimenter

<https://www.geogebra.org/m/YDMFRFjb>

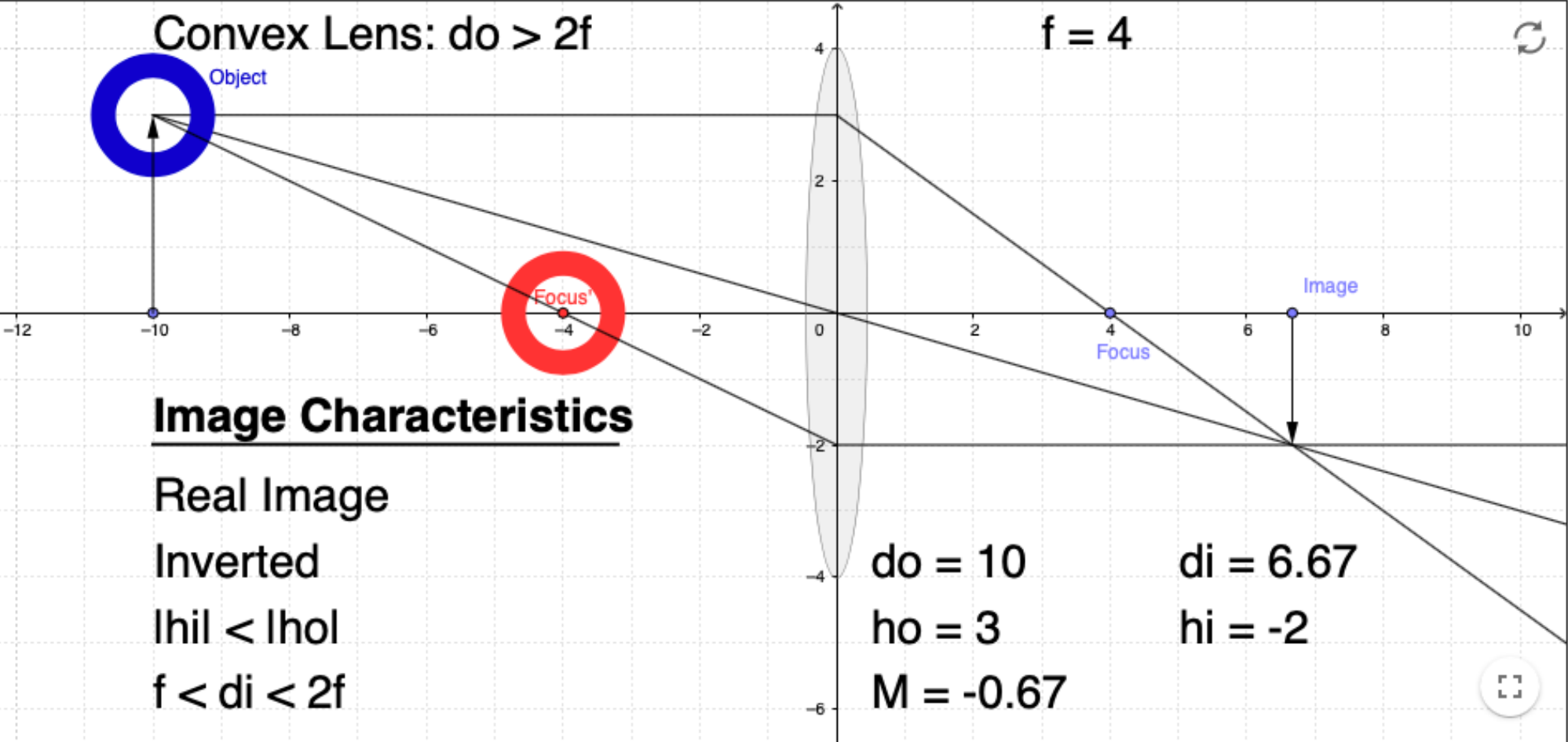
GeoGebra

CREATE CLASS

Thin Lens Equation Simulation

Author: Jennifer North Morris, Tom Walsh, Zbynek (Google), Amir Ansari
by Zbynek

Convex Lens: $d_o > 2f$



Object

Focus

Image

Focus

Image Characteristics

Real Image
Inverted
 $|h_i| < |h_o|$
 $f < d_i < 2f$

$f = 4$

$d_o = 10$
 $h_o = 3$
 $M = -0.67$

$d_i = 6.67$
 $h_i = -2$

Move the blue circle at the tip of the "Object" arrow to move the object. Move the pink circle at the point named "Focus" to change the focal length of the lens. Move the point named "Focus" to the right side of the lens to change to a concave lens.

New Resources

Hello!

Tugas 3-3_PEBRINA AYUNANI

Algebra Unit 4 Lesson 7

Ángulo exterior a una circunferencia

A.4.7.3 Populations of Two States

Discover Resources

Transformation Project

Kenneth Quadratic Test

What's My Rule #5: Point Style!

Math

Bài tập 5c trang 78

Discover Topics

Parametric Curves

Statistical Characteristics

Tangent Line or Tangent

Multiplication

Geometric Distribution

GeoGebra

About

Partners

Testing

News Feed

App Downloads

Display a menu

Apps

Calculator Suite

Graphing Calculator

3D Calculator

CAS Calculator

Scientific Calculator

Resources

Classroom Resources

Learn GeoGebra

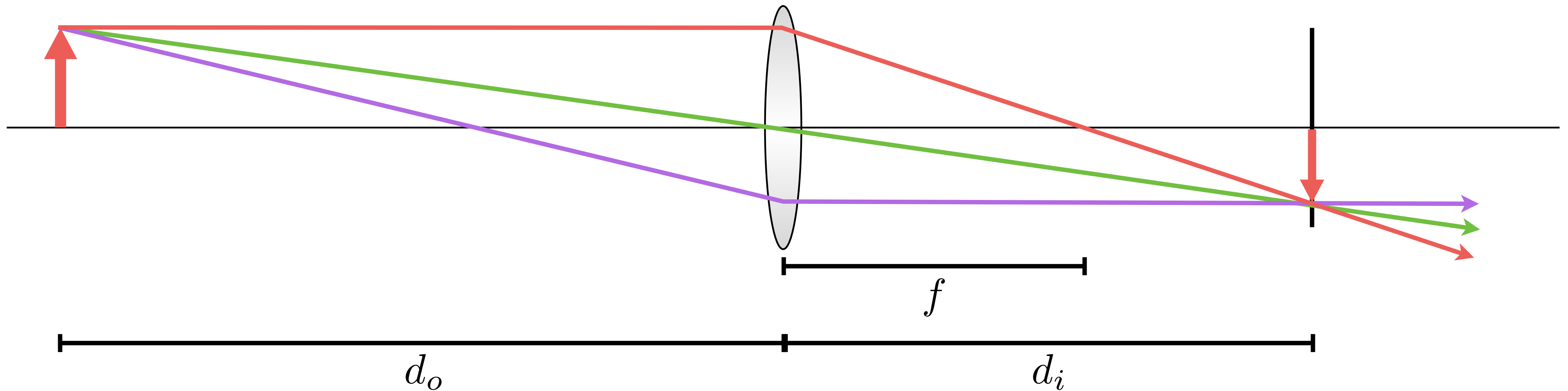
Classroom

Geometry

Notes

45

Lentilles : champ de vue

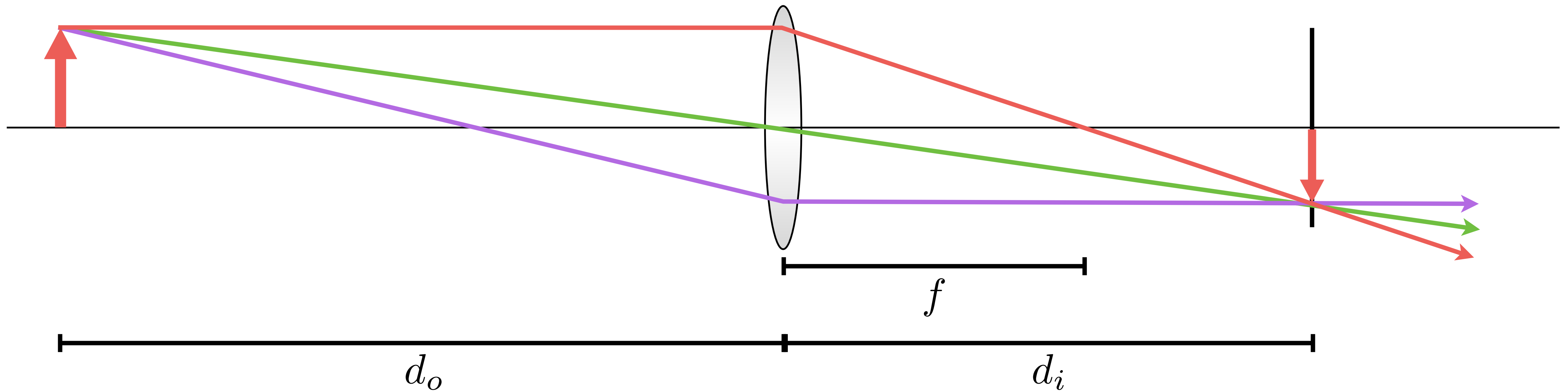


Équation des lentilles minces

$$\frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} = \frac{1}{f}$$

Considérons un objet à l'infini

Lentilles : champ de vue

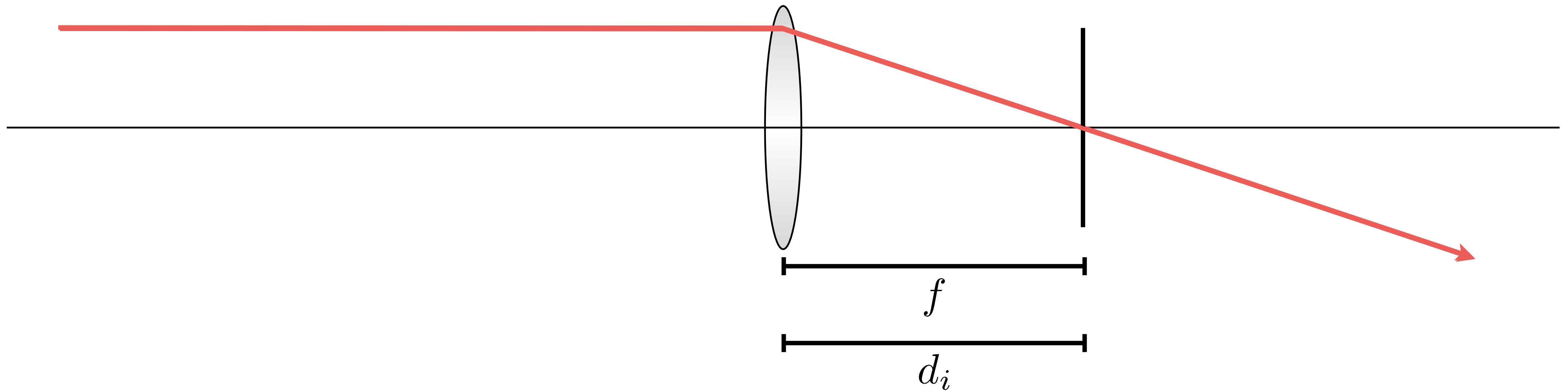


Équation des lentilles minces

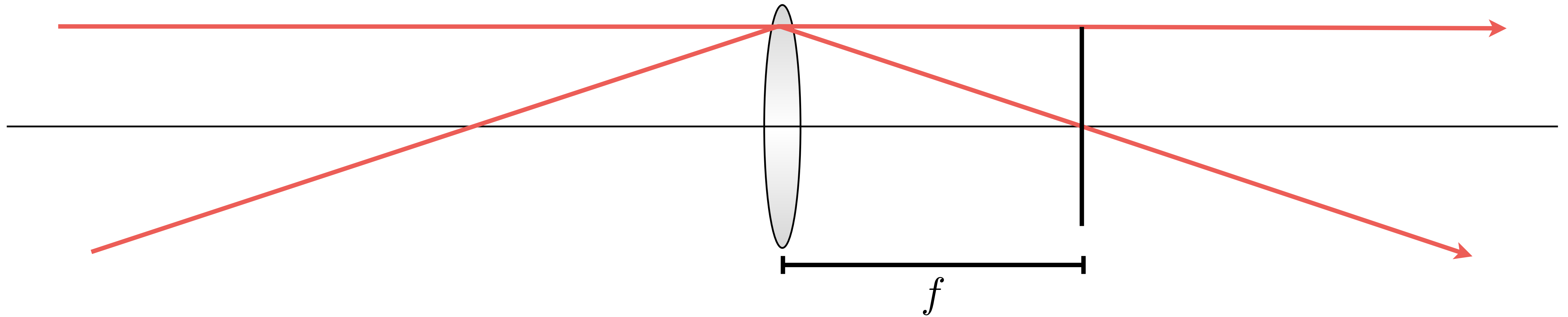
$$\frac{1}{d_i} = \frac{1}{f}$$

Considérons un objet à l'infini

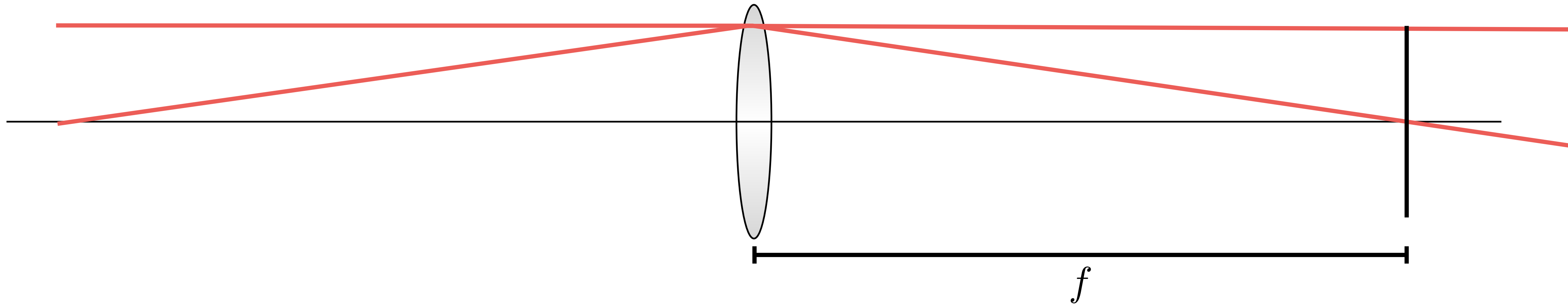
Lentilles : champ de vue



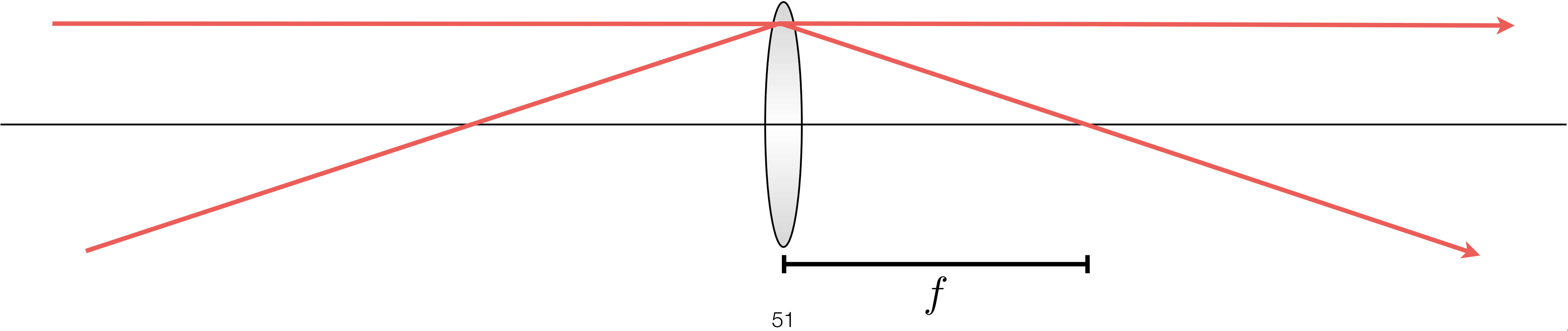
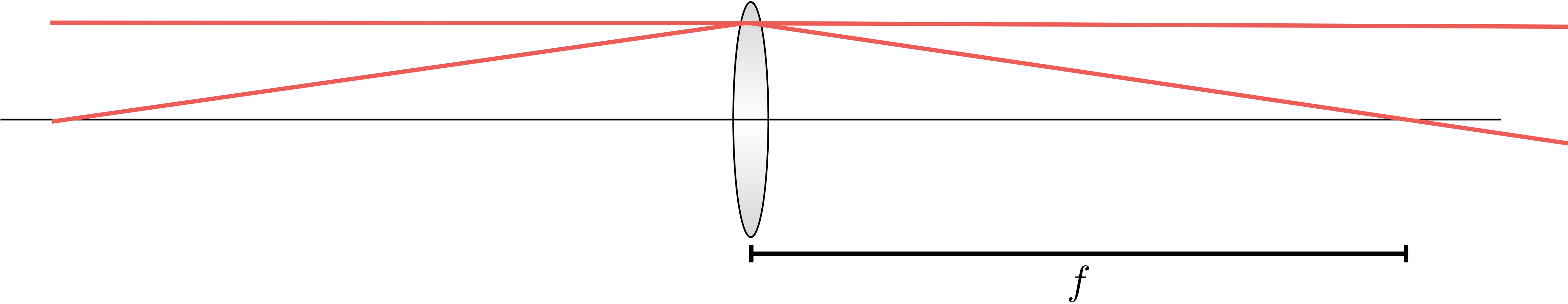
Lentilles : champ de vue



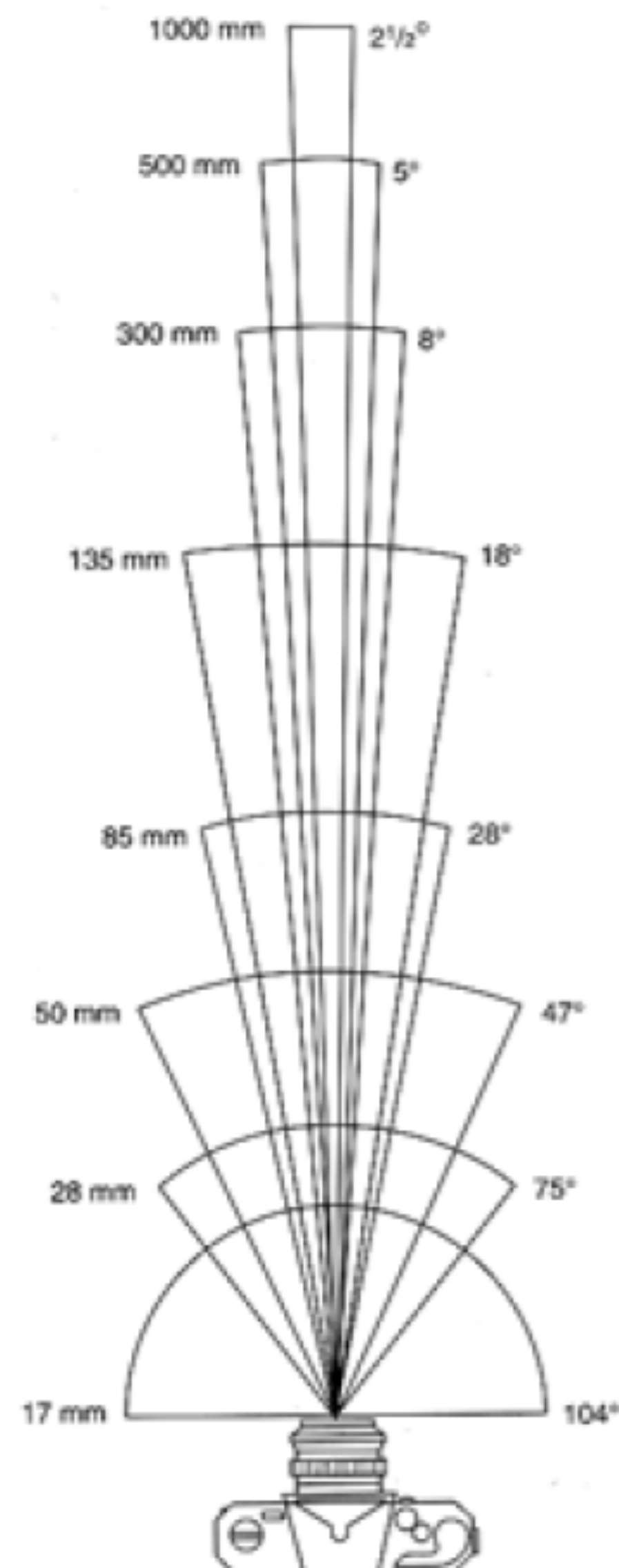
Lentilles : champ de vue



Lentilles : champ de vue



Champ de vue (zoom)



17mm



28mm



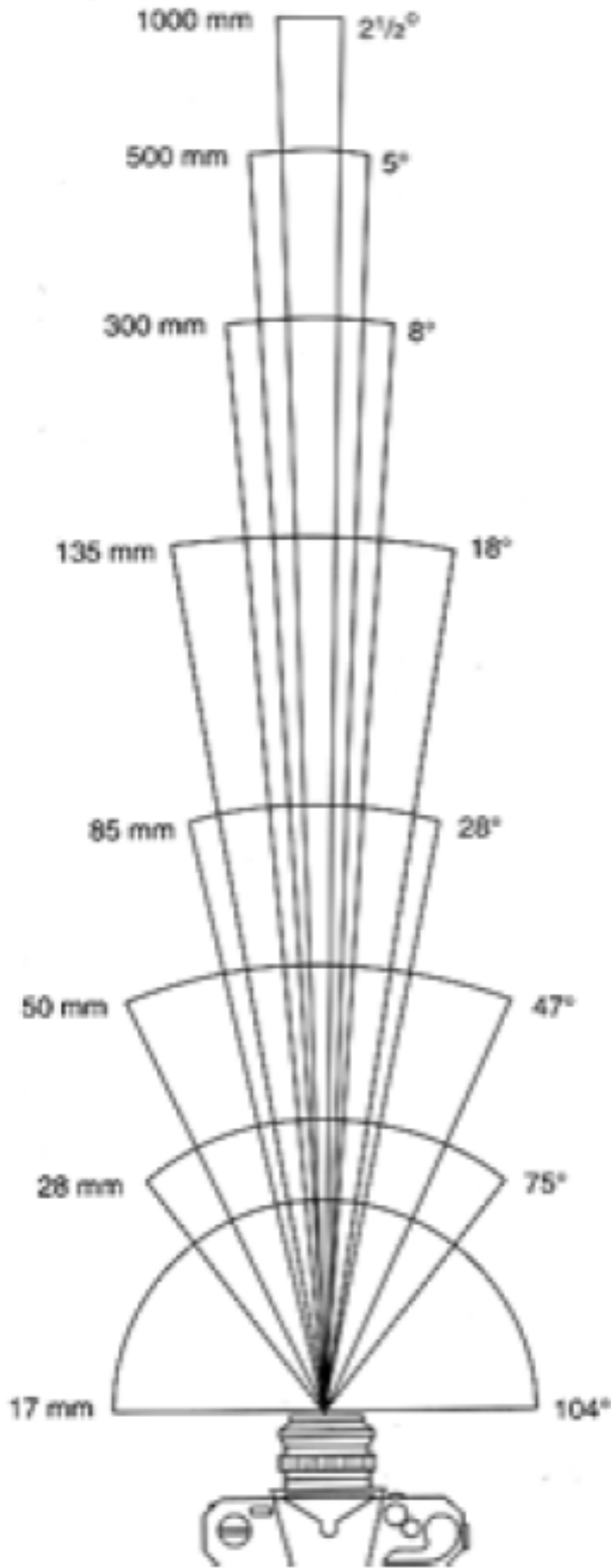
50mm



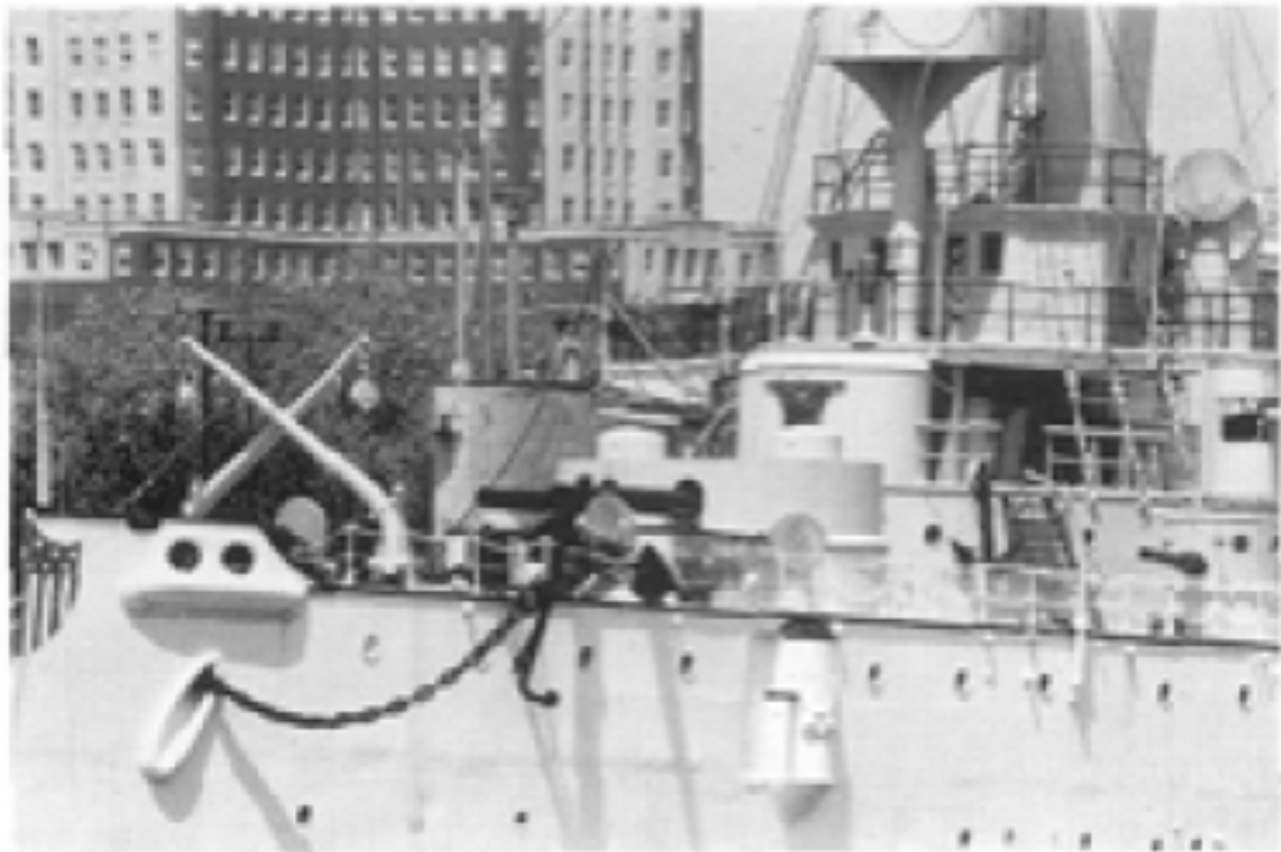
85mm

From London and Upton

Champ de vue (zoom) = rognure



135mm



300mm



50mm



28mm

From London and Upton

Champ de vue & distance focale

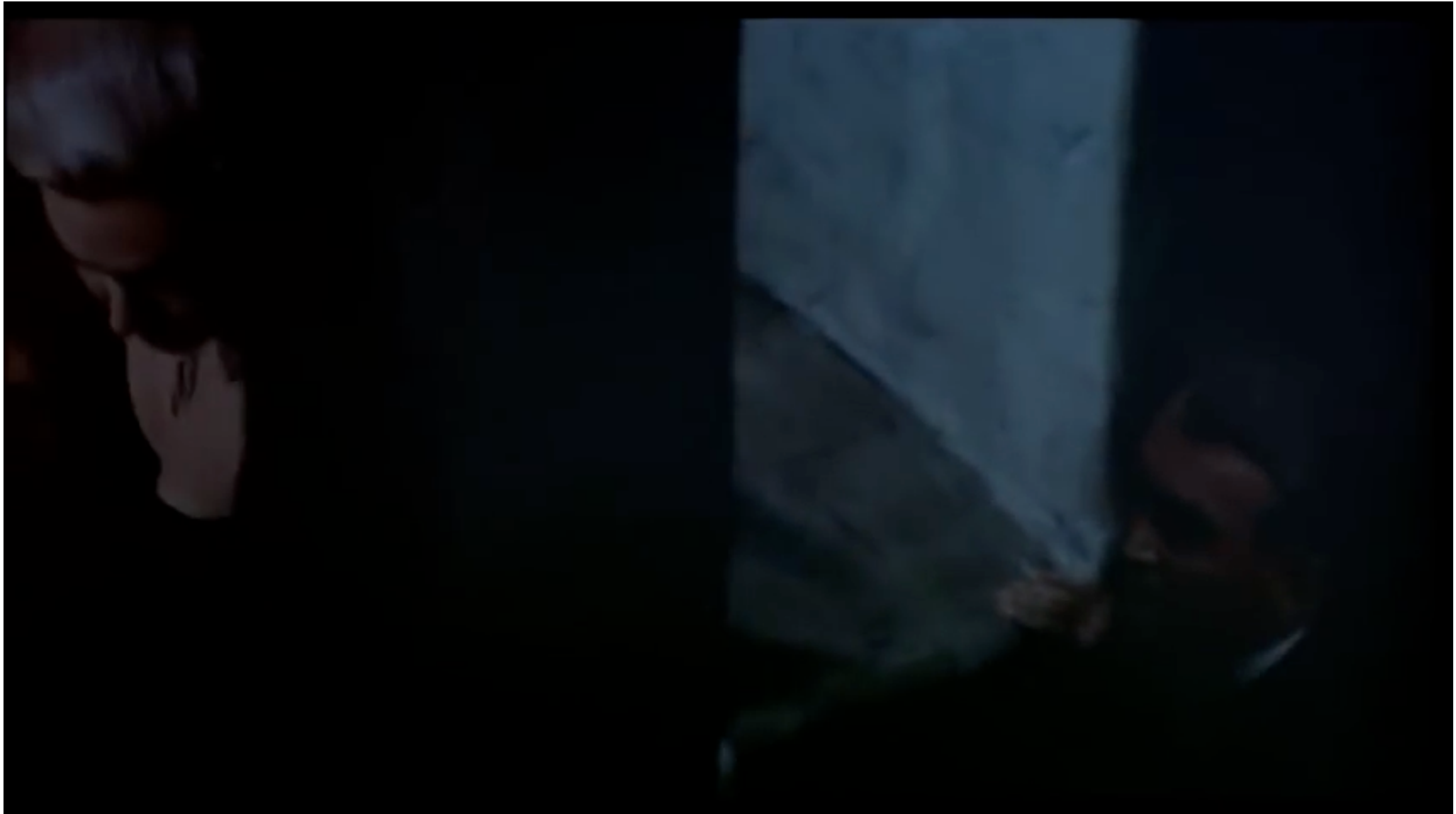


CdV élevé, f petite
Caméra près de la voiture



CdV petit, f élevée
Caméra loin de la voiture

Effet « vertigo »





Version extrême

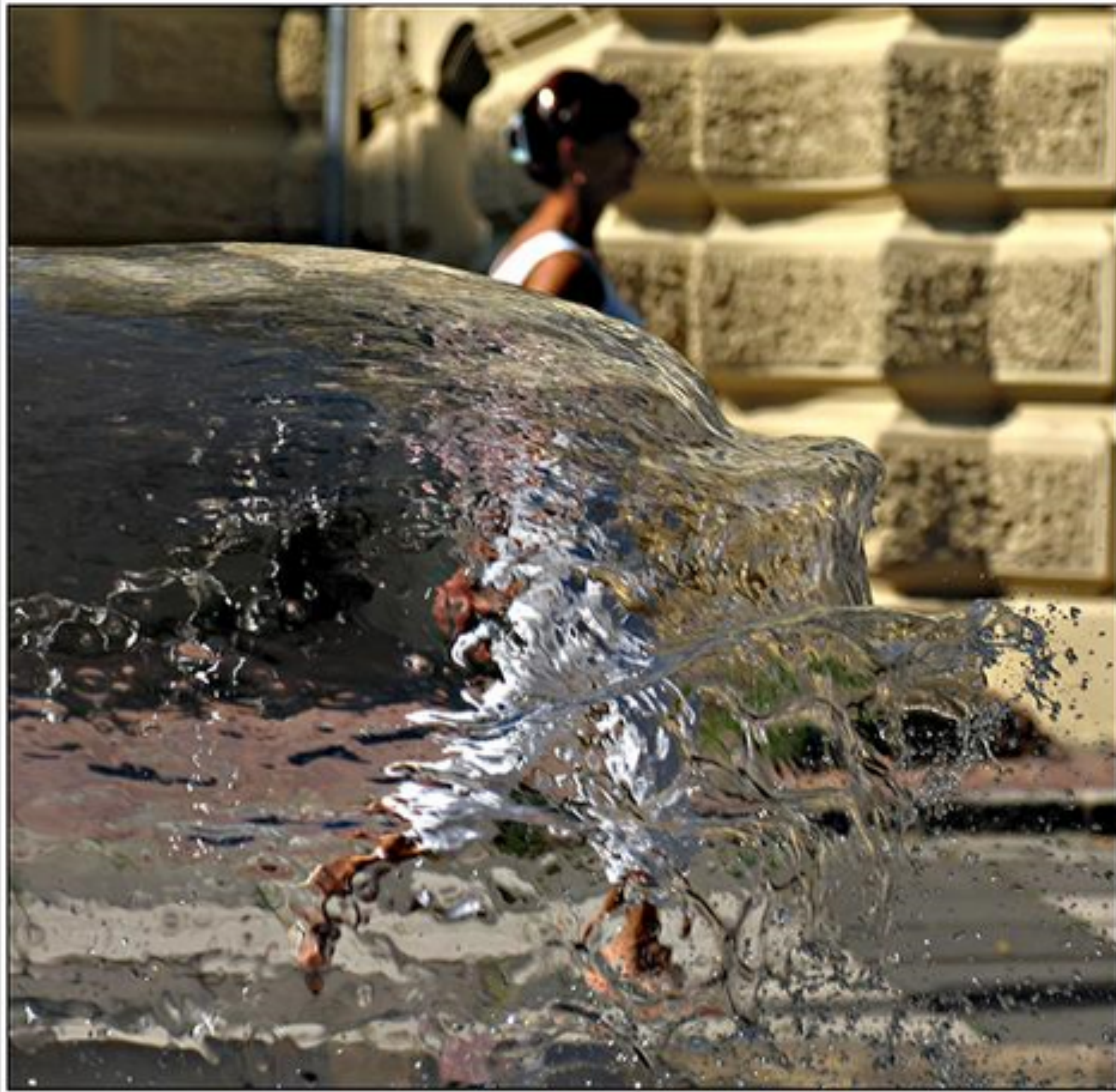




En résumé

- Le sténopé est le modèle le plus simple
 - Tous les points sont en focus
 - Très sombre, limité par la diffraction
- Les lentilles capturent plus de lumière
 - Mais ne sont en focus qu'à une seule distance
 - Cette dernière peut être ajustée en déplaçant le capteur
- La distance focale détermine le champ de vue

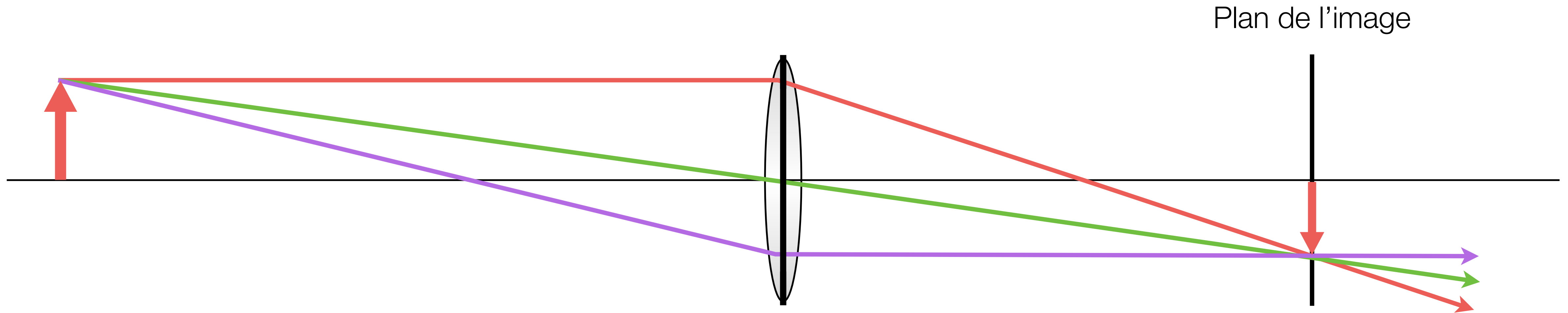
La caméra Exposition



(c) Tomasz Pluciennik

GIF-4105/7105 Photographie Algorithmique
Jean-François Lalonde

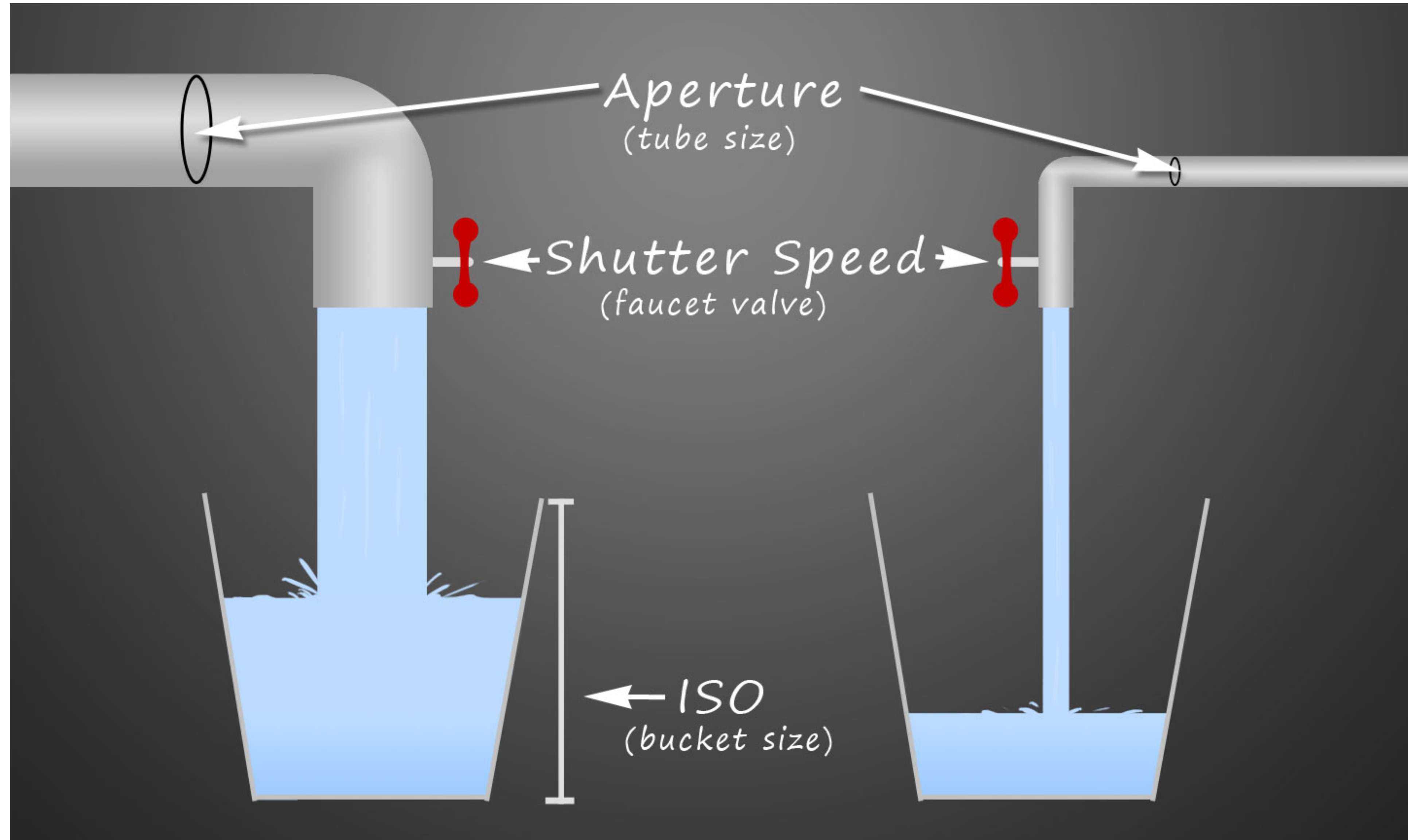
Exposition – déroulement d'une photo



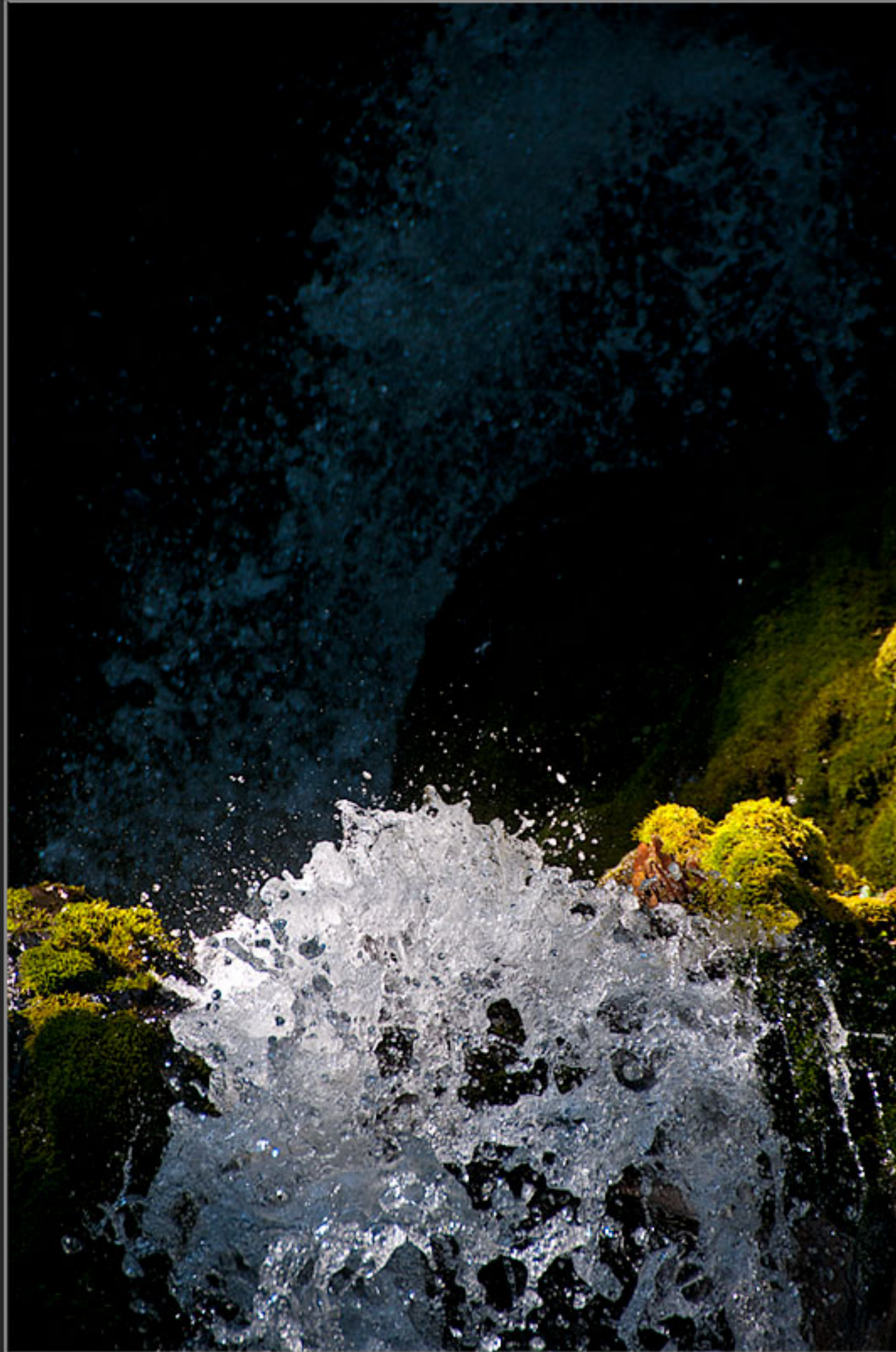
- Comment contrôler la **quantité de lumière** au capteur?
- Trois paramètres principaux:
 - vitesse de l'obturateur
 - ouverture (stop)
 - sensibilité du capteur (ISO)

l'exposition!

Analogie : seaux d'eau



Vitesse d'obturation : mouvement



ISO : bruit



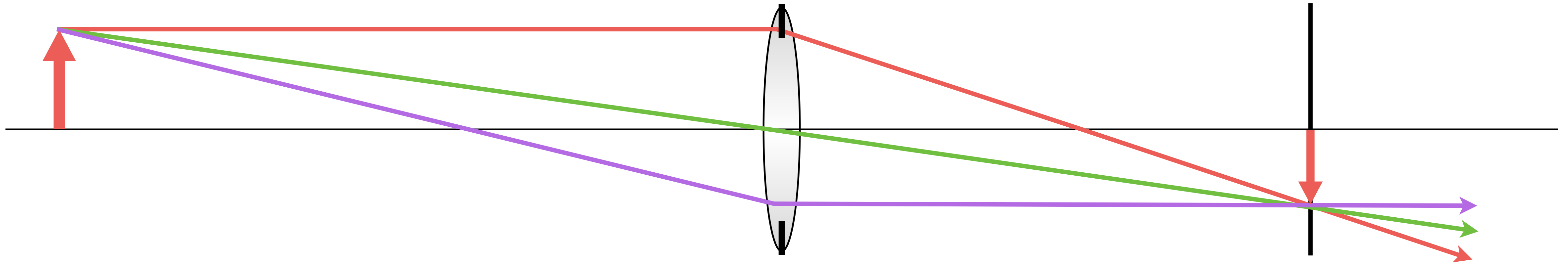
ISO 100

ISO 6400

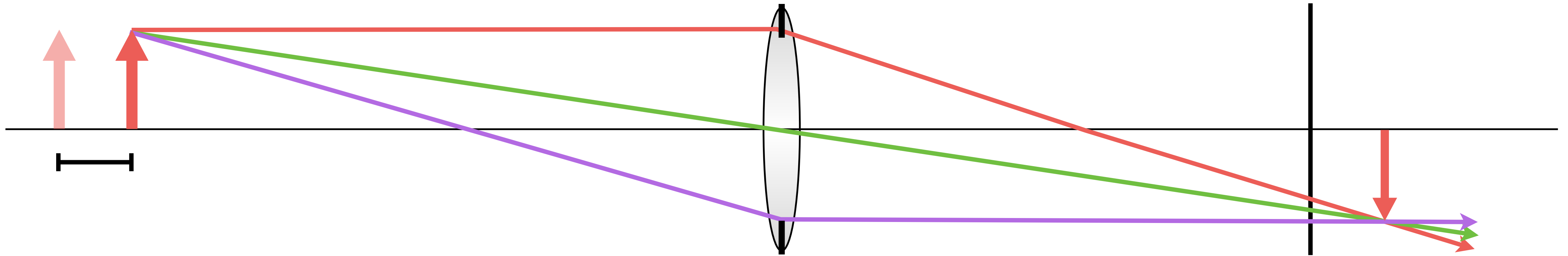
Ouverture : profondeur de champ



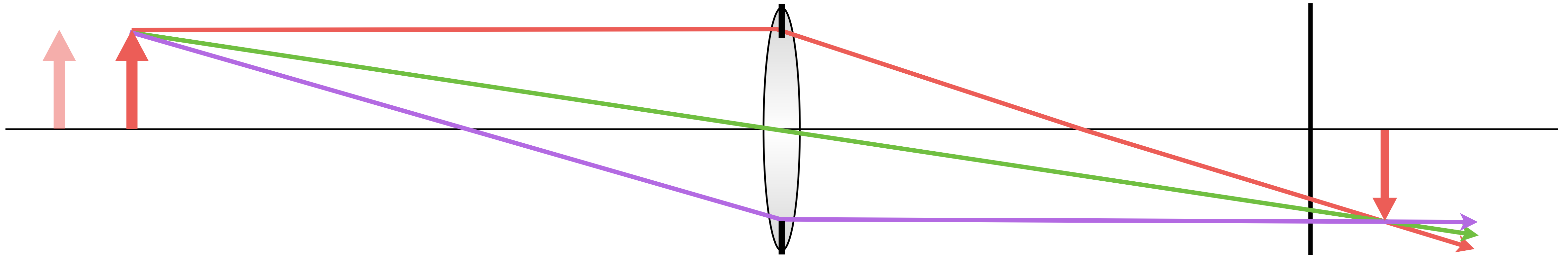
Ouverture : profondeur de champ



Ouverture : profondeur de champ



Ouverture : profondeur de champ

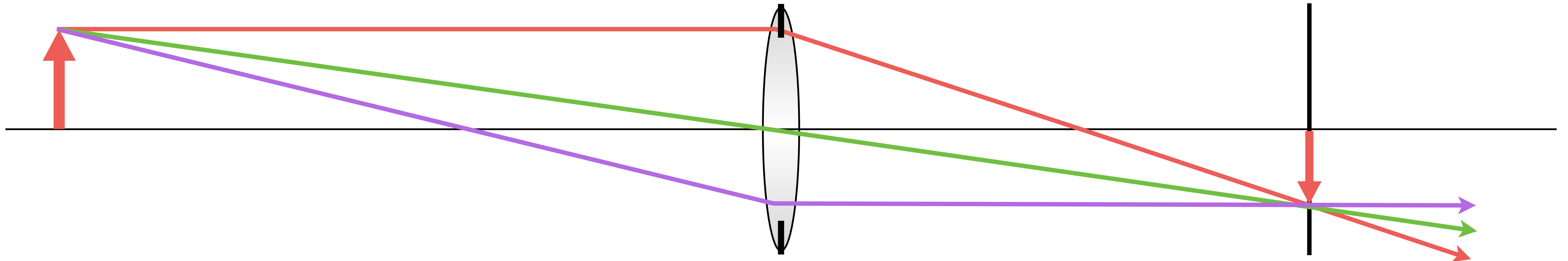


Ouverture : profondeur de champ

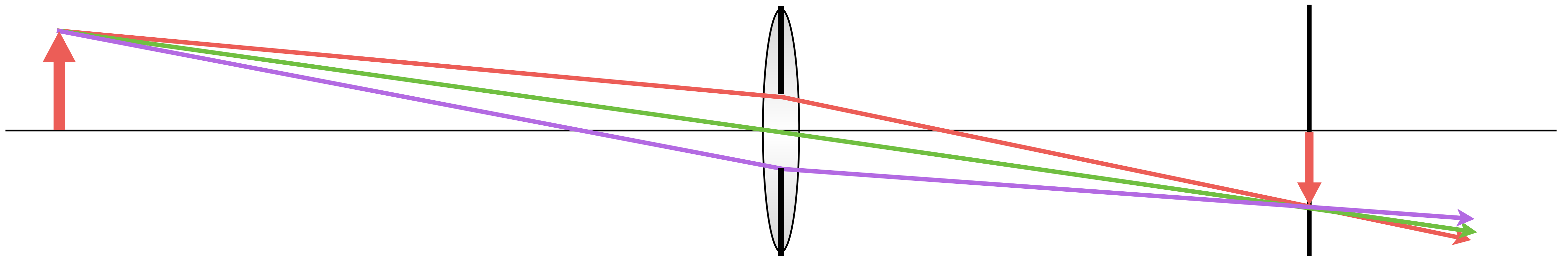


Ouverture : profondeur de champ

Grande ouverture = petite profondeur de champ

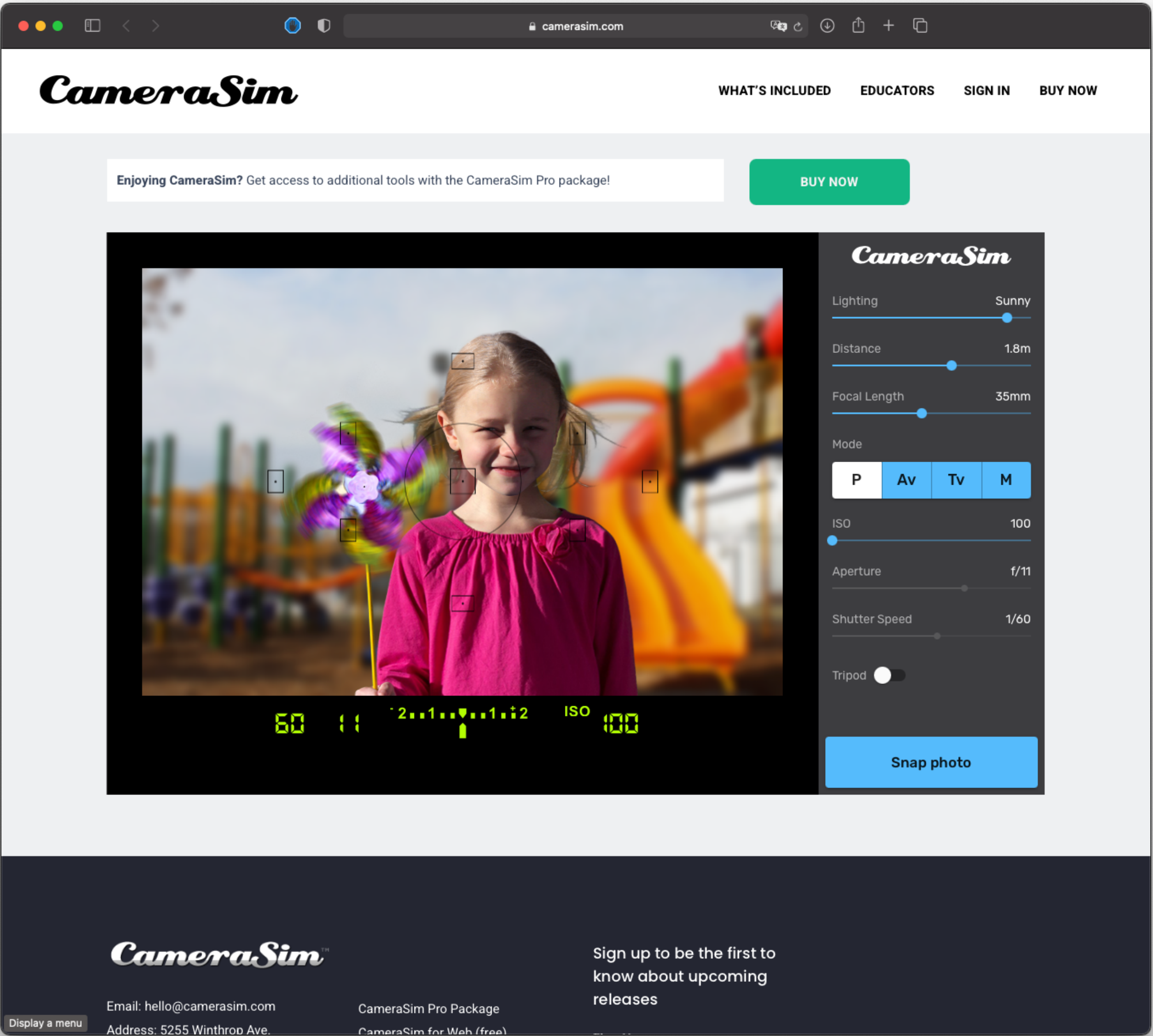


Petite ouverture = grande profondeur de champ



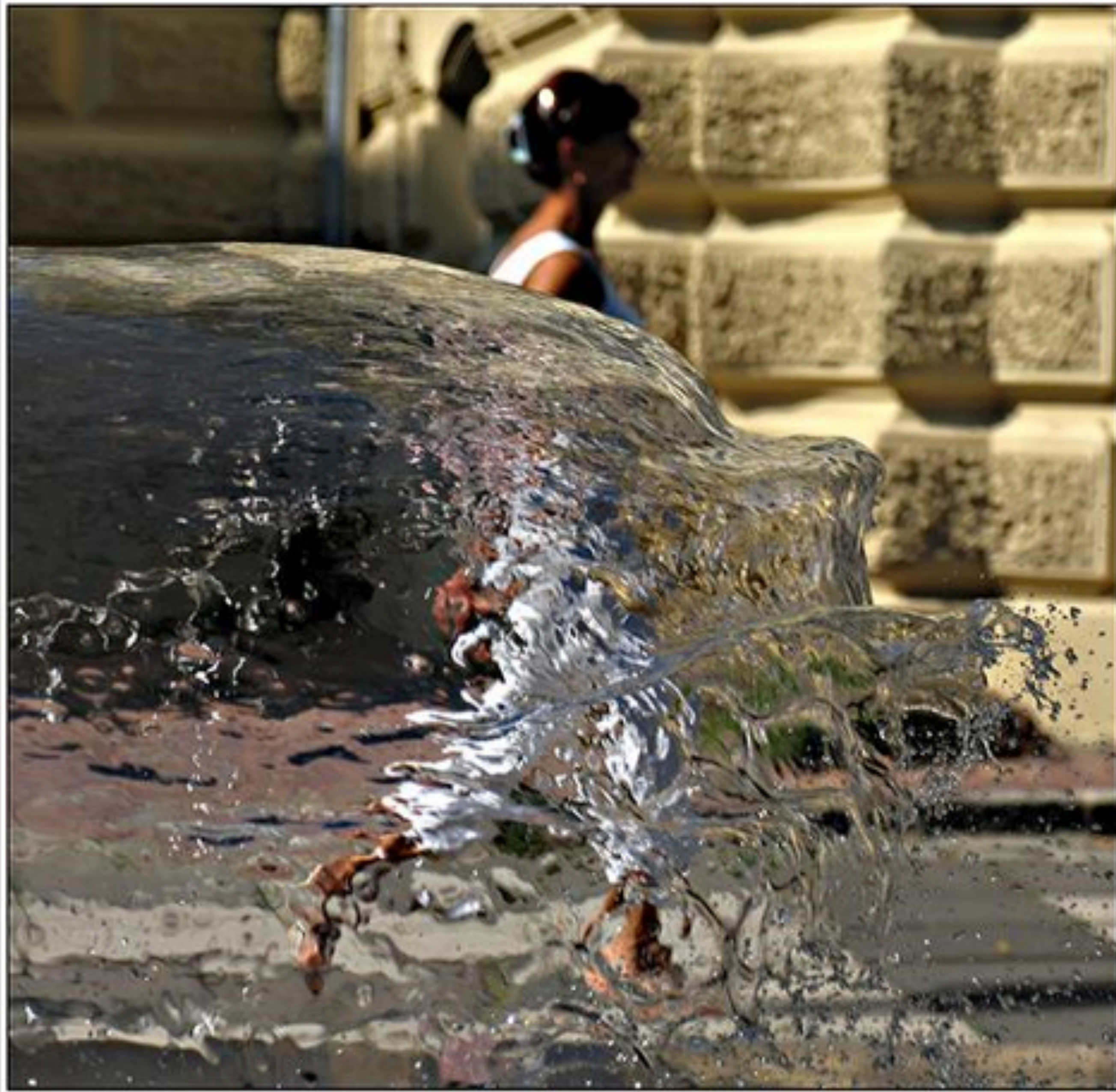
Démonstration

<http://camerasim.com/apps/original-camerasim/web/>



La caméra

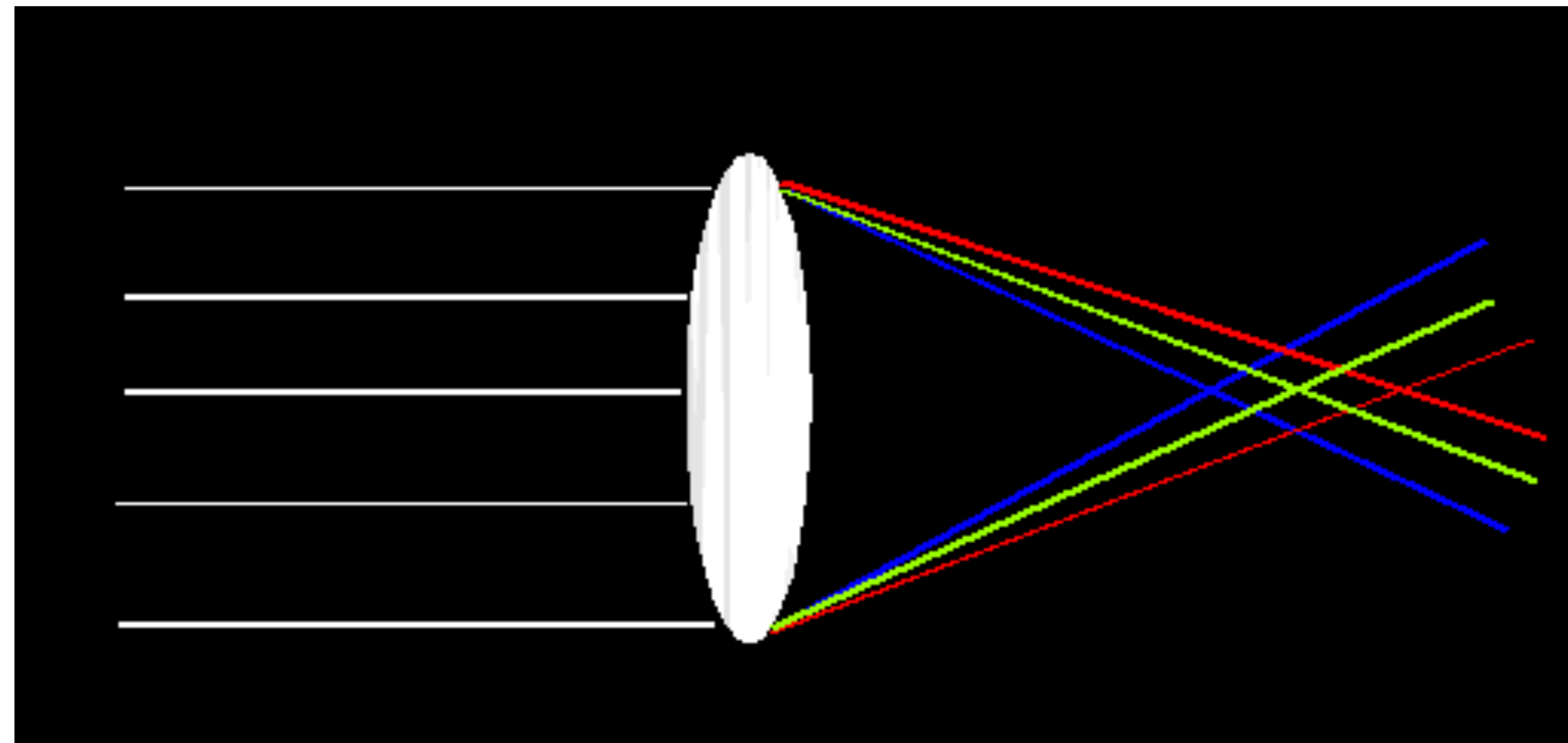
Problèmes de lentilles



(c) Tomasz Pluciennik

Problème : aberration chromatique

- L'indice de réfraction dépend de la longueur d'onde
- c'est ce qui explique pourquoi un prisme révèle les couleurs de l'arc-en-ciel!



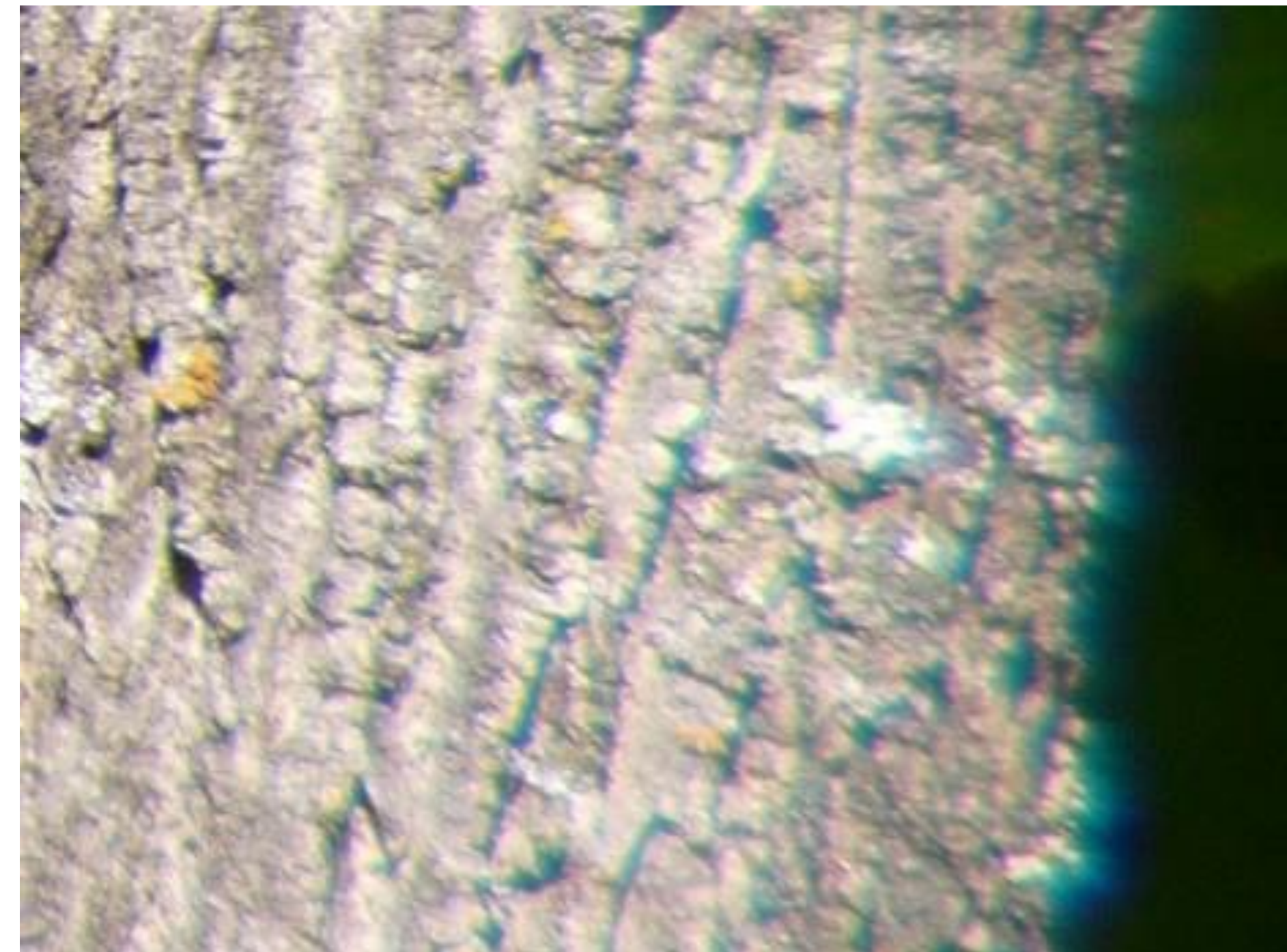
- Crée des distortions de couleurs près des bordures de l'image

Problème : aberration chromatique

Près du centre de l'image



En bordure de l'image



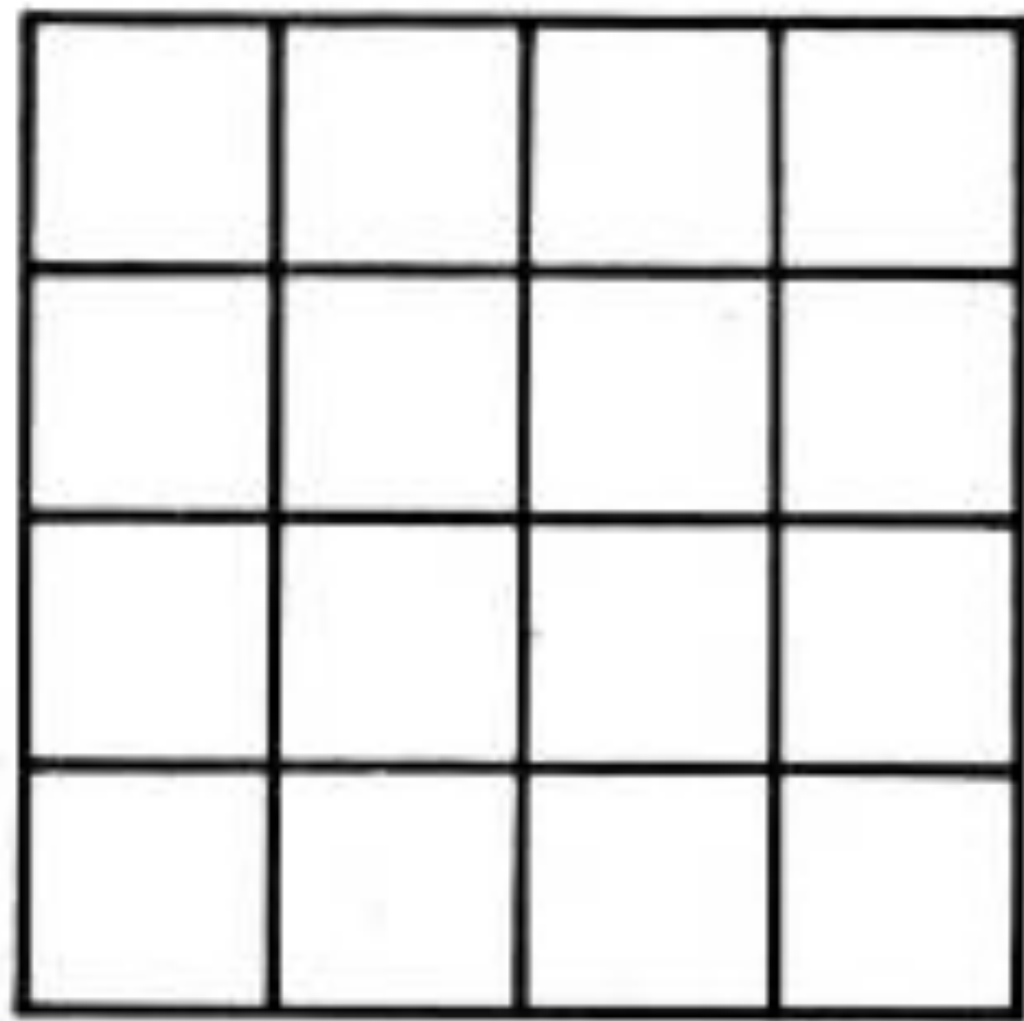
Problème : distorsion radiale

Lignes droites deviennent courbées
en bordure de l'image

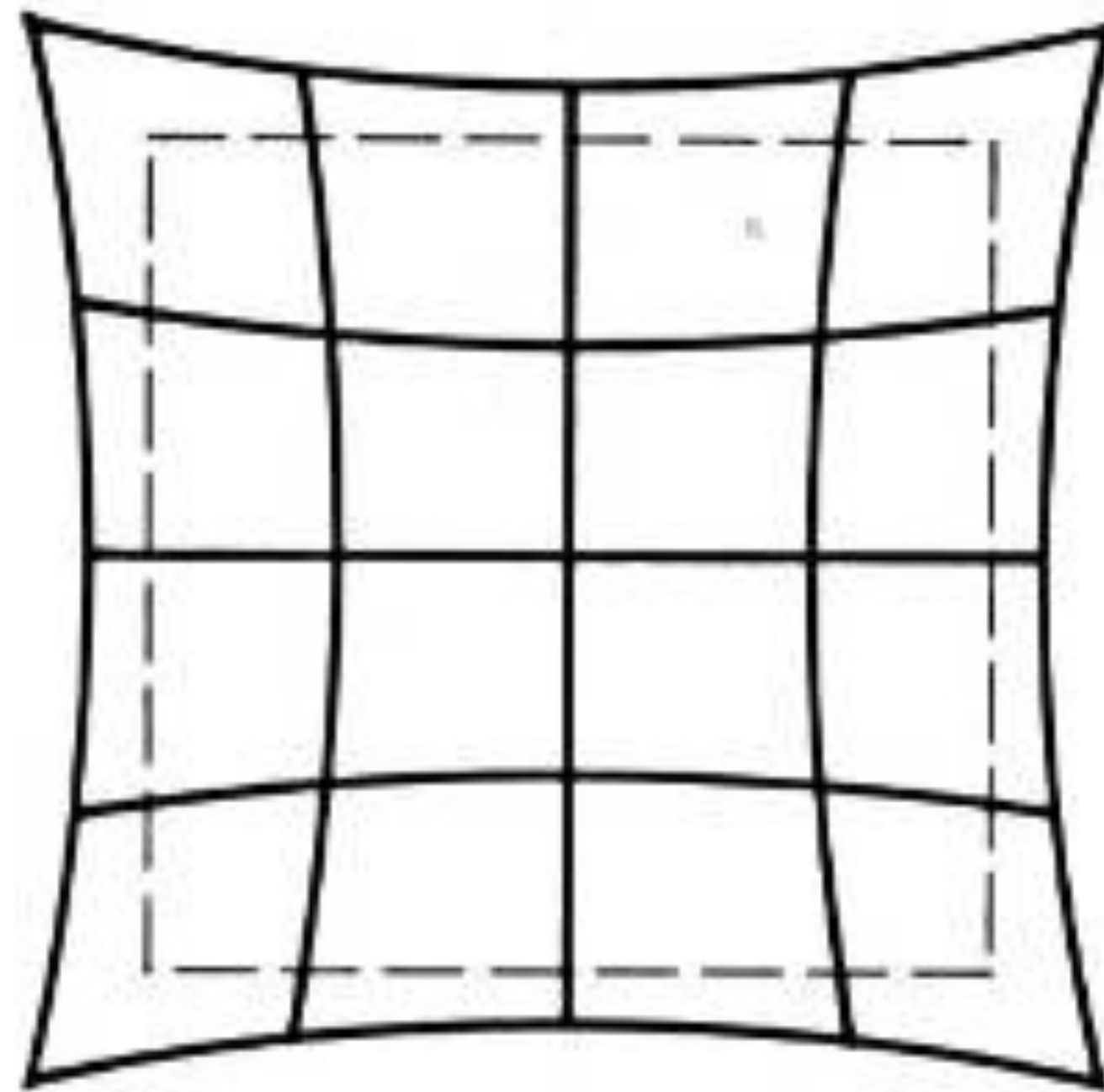


Problème : distorsion radiale

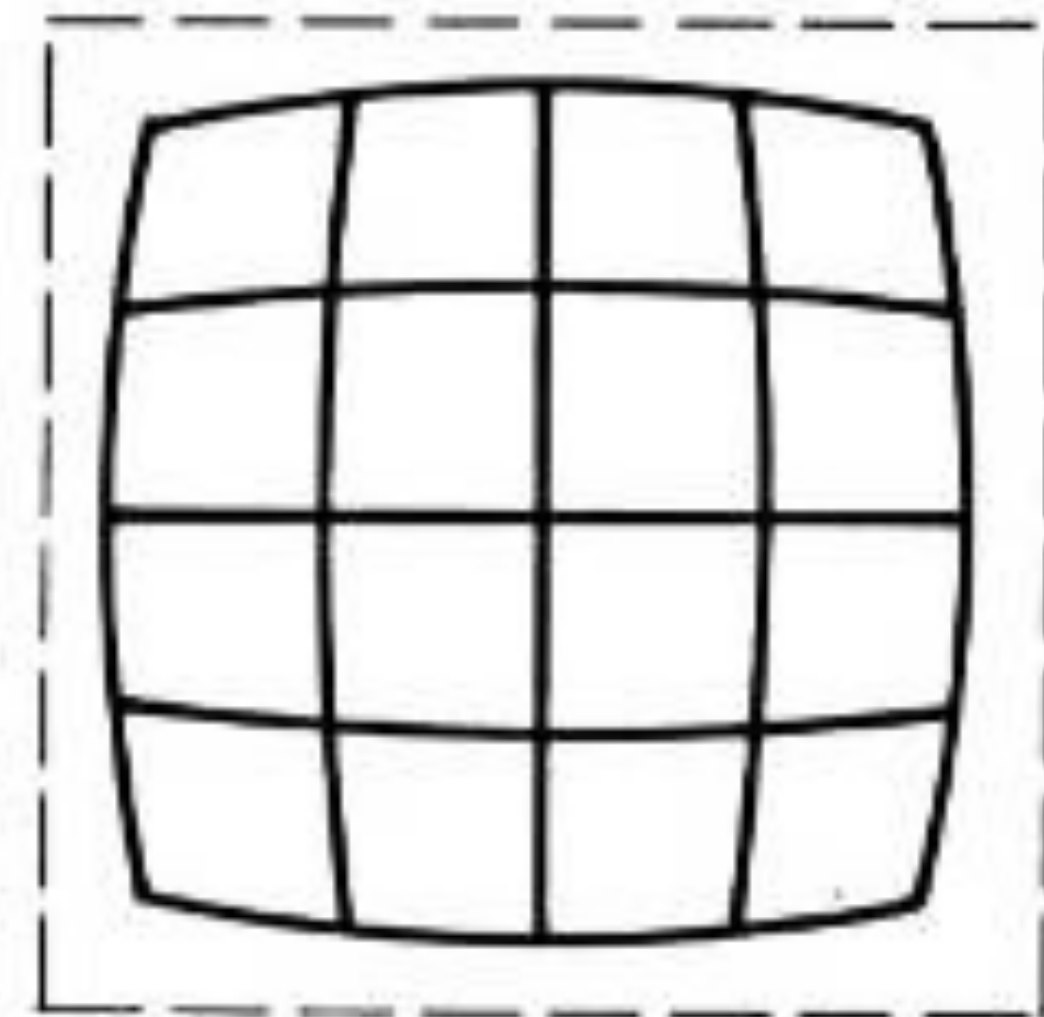
- Causée par lentilles imparfaites
- Encore une fois, plus important en bordure de l'image



Pas de distorsion



“Pin cushion”



“Barrel”

Problème : vignette

Atténuation de lumière en bordure de l'image

