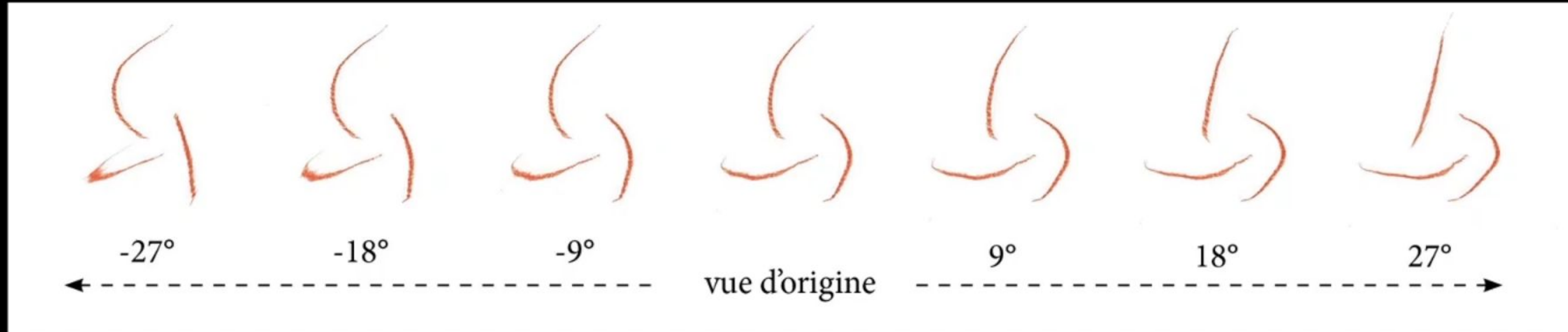


Comment tourner autour d'un trait ?

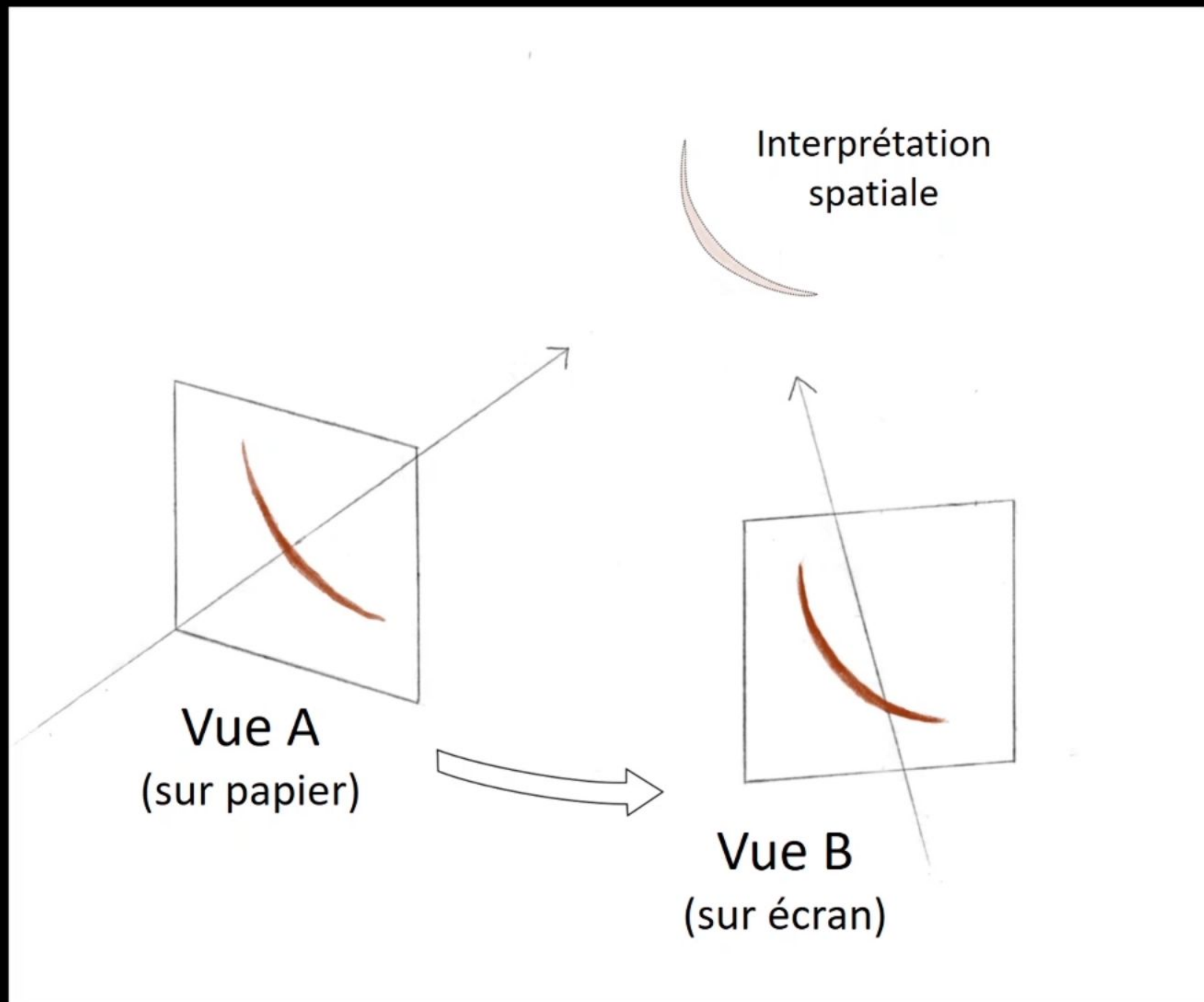


Renaud Chabrier

Institut Curie – PSL Research University, Paris

LIX, Ecole Polytechnique, CNRS, IP Paris

Journées modélisation géométrique, 3 juillet 2020



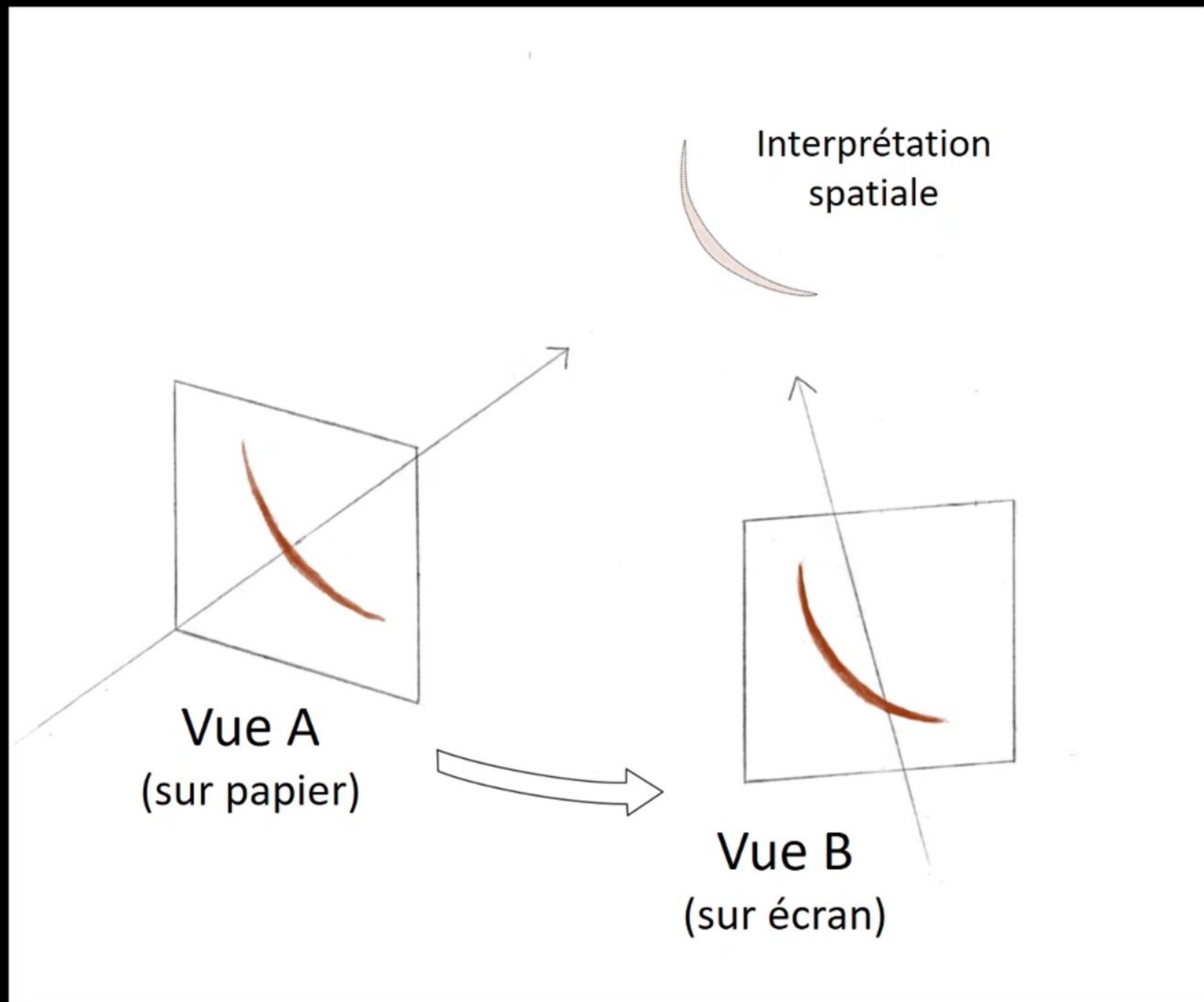
1

Tourner autour d'un dessin

2

Tourner autour d'un trait

- Acquisition
- Calcul d'un plan tangent
- Calcul d'une nouvelle vue



1

Tourner autour d'un dessin

2

Tourner autour d'un trait

- Acquisition
- Calcul d'un plan tangent
- Calcul d'une nouvelle vue



Animation par morphing d'un cerf de Lascaux, Renaud Chabrier (2015)



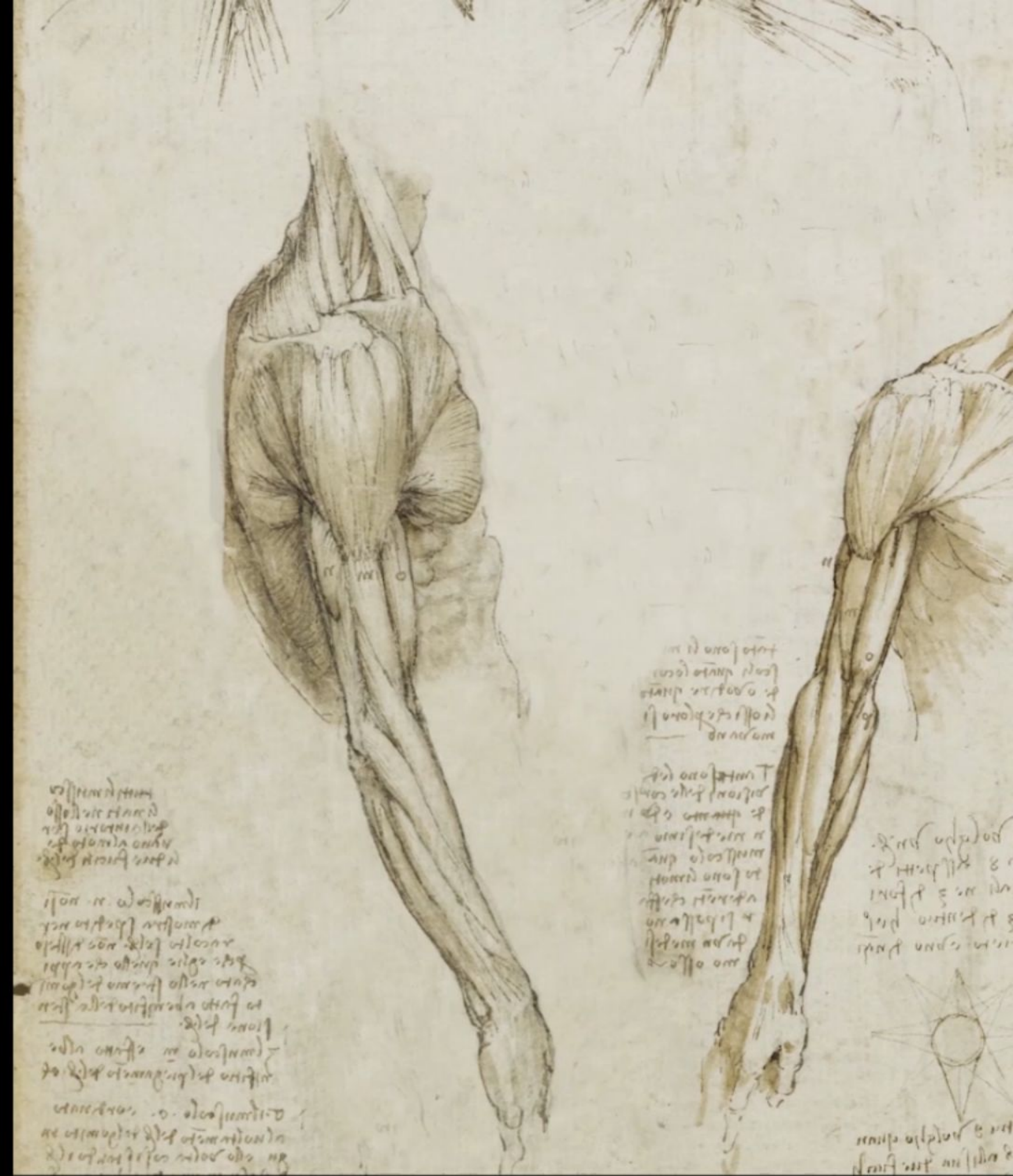
Animation par morphing d'un cerf de Lascaux, Renaud Chabrier (2015)



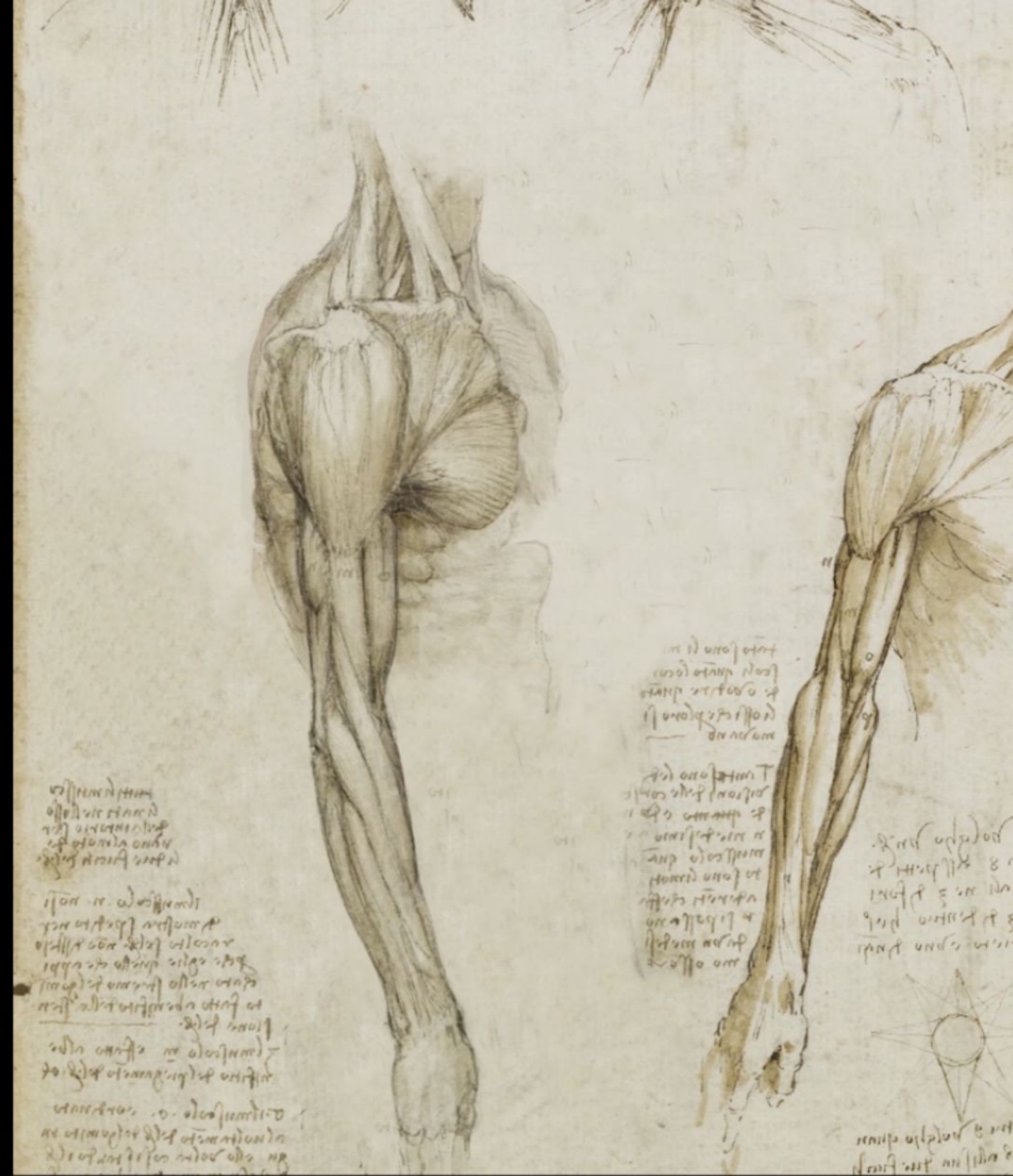
Animation par morphing d'un cerf de Lascaux, Renaud Chabrier (2015)



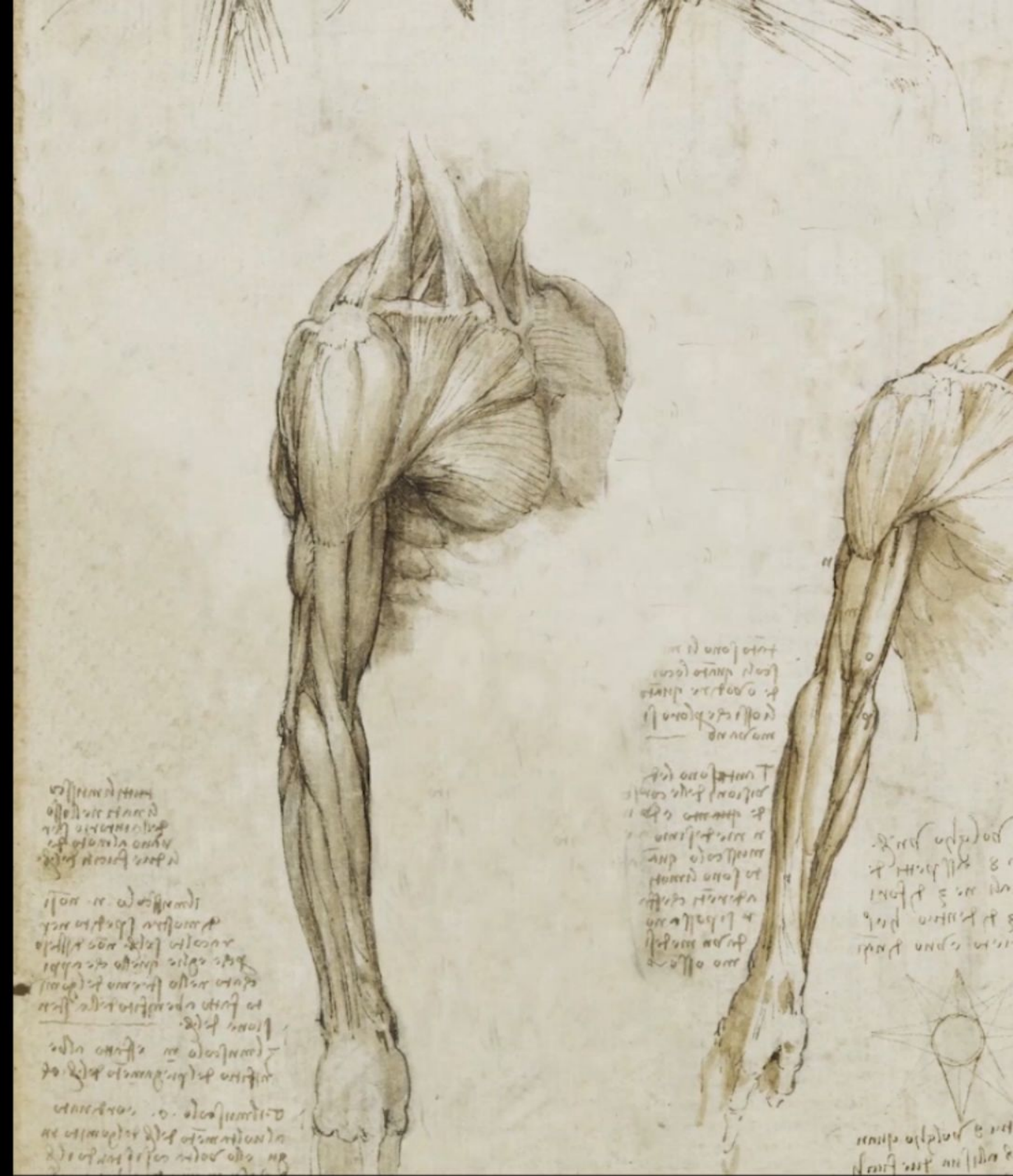
Extrait de « Léonard de Vinci – le mouvement », Renaud Chabrier (2012)



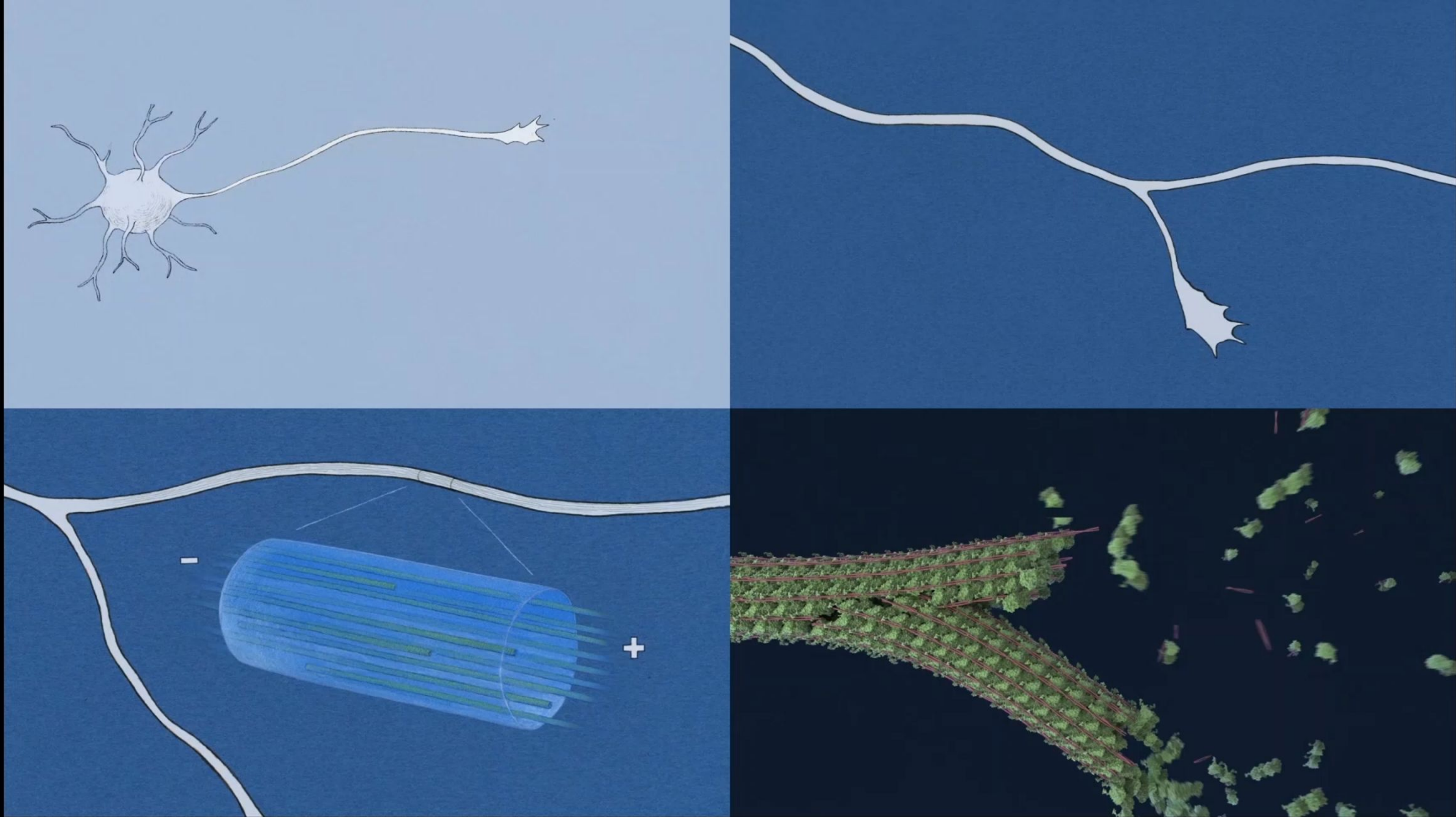
Léonard de Vinci, étude anatomique (vers 1509)



Léonard de Vinci, étude anatomique (vers 1509)



Léonard de Vinci, étude anatomique (vers 1509)

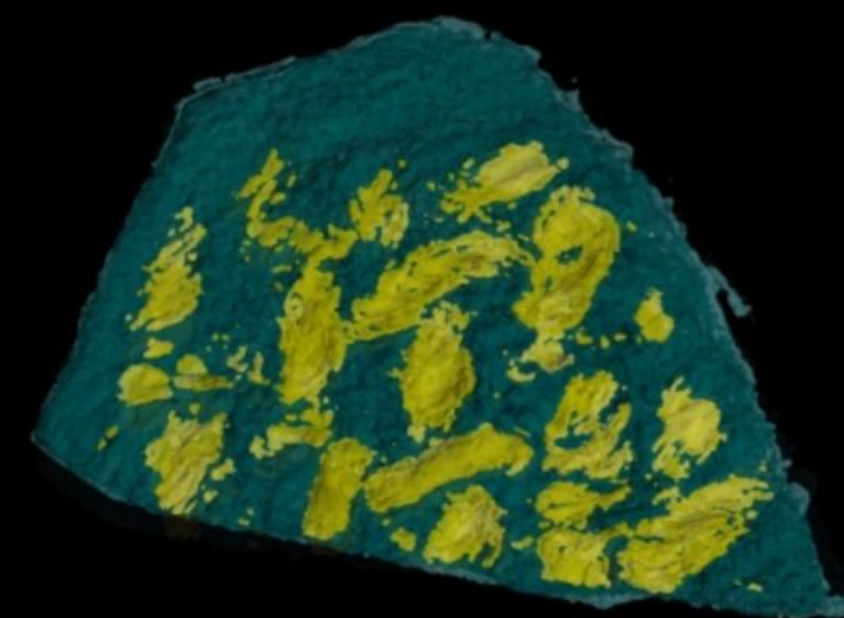
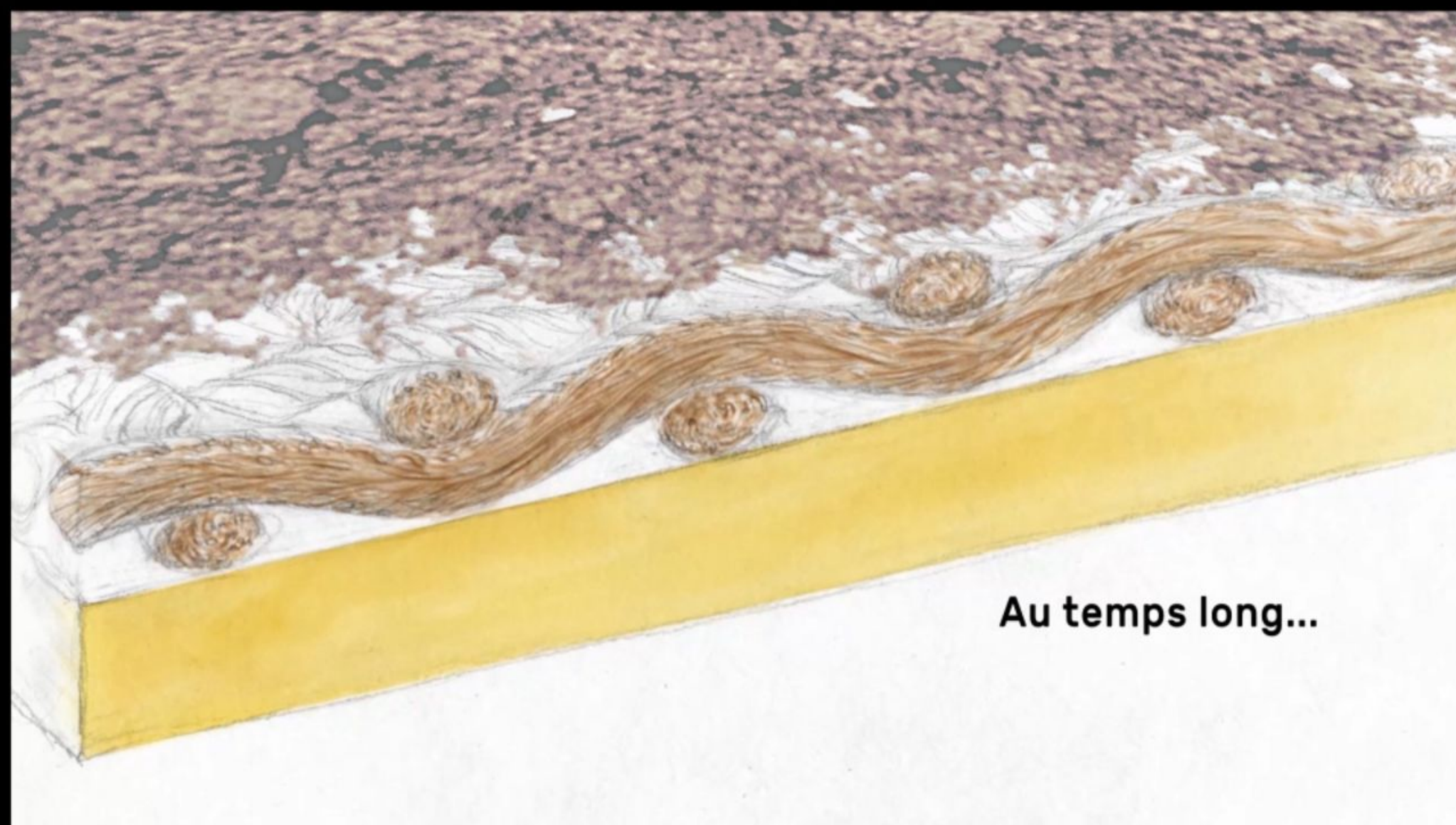


Microtubule branching in neurons, Naoko Mizuki / Renaud Chabrier / Agnieszka Kawaska (2018)

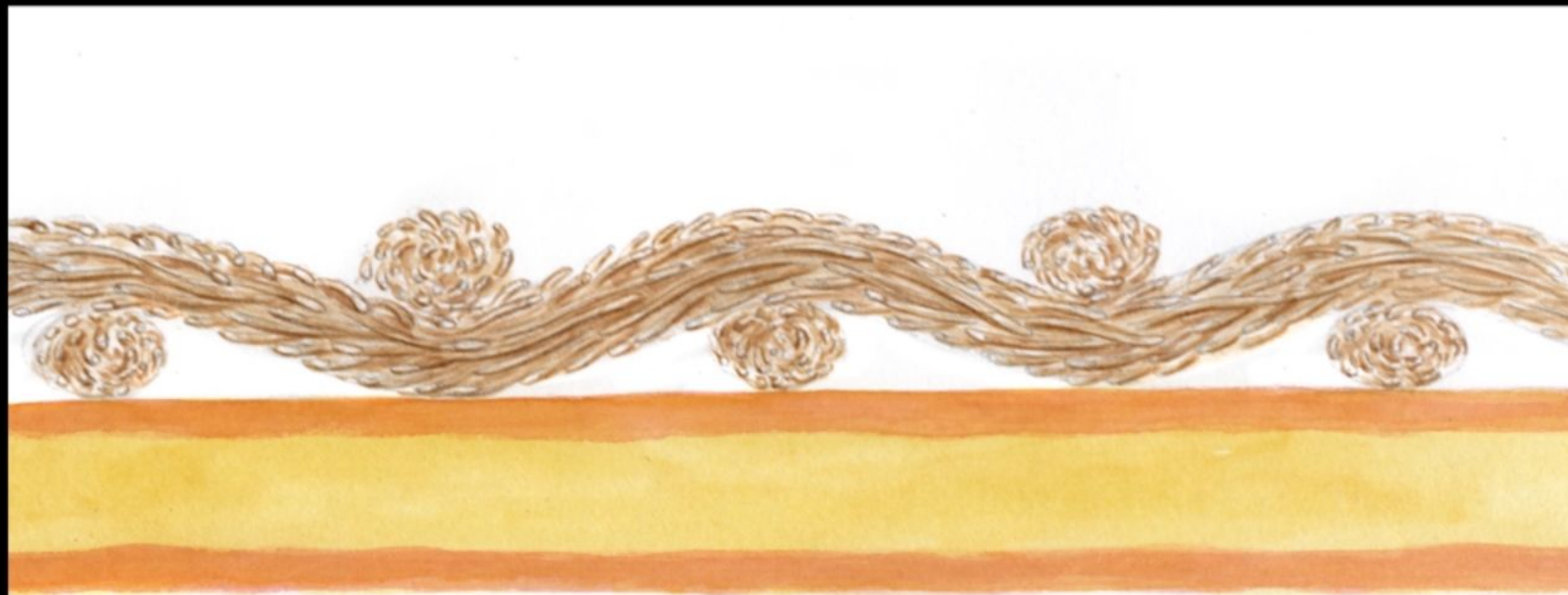
**Nous savons que dans un
contexte archéologique favorable...**



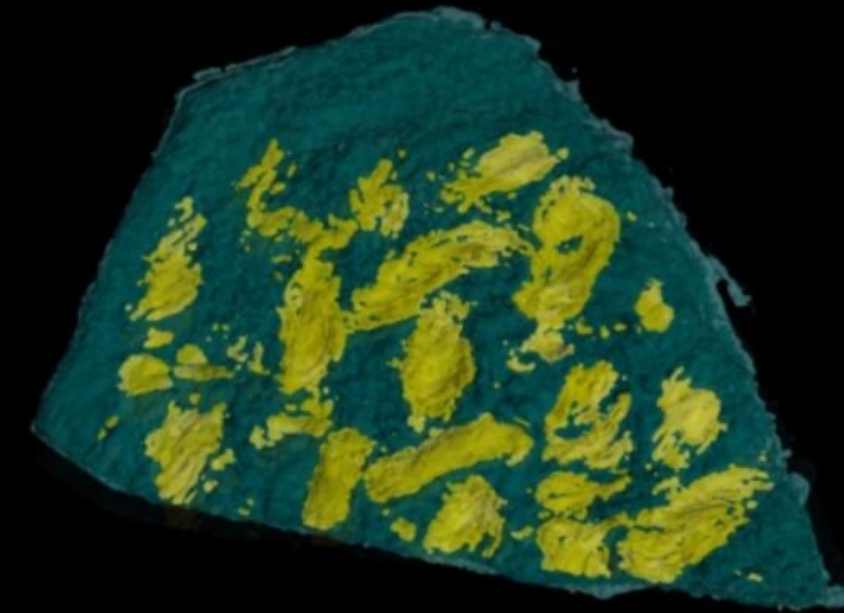
*Extrait de « A la découverte des fibres minéralisé
Charlotte Arène, Renaud Chabrier (2020)
Ipanema (synchrotron SOLEIL) / Nova Pista*



*Extrait de « A la découverte des fibres minéralisé
Charlotte Arène, Renaud Chabrier (2020)
Ipanema (synchrotron SOLEIL) / Nova Pista*



**...la corrosion du support va jouer un rôle déterminant
dans la transformation chimique des fibres.**



*Extrait de « A la découverte des fibres minéralisé
Charlotte Arène, Renaud Chabrier (2020)
Ipanema (synchrotron SOLEIL) / Nova Pista*







Exemple de morphing:

Un dessinateur crée d'abord deux dessins

dessin A:



dessin B:



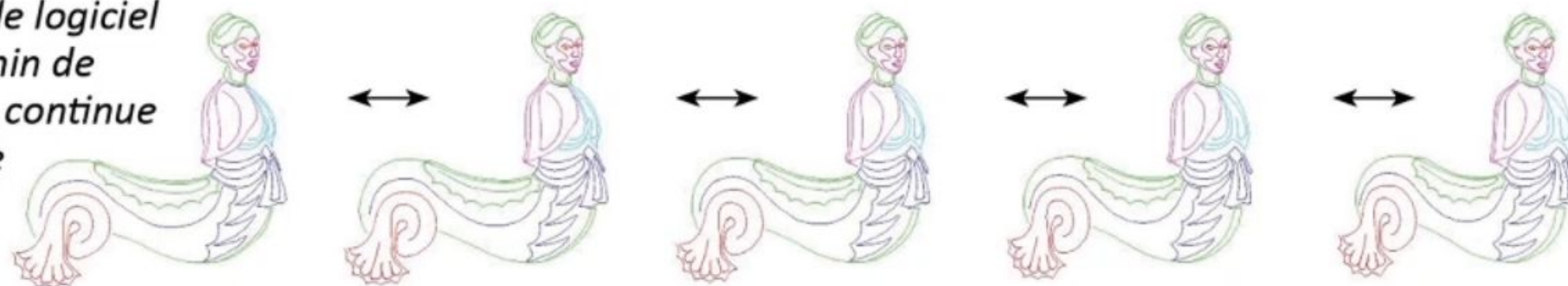
L'animateur pose des contraintes de déformation entre A et B



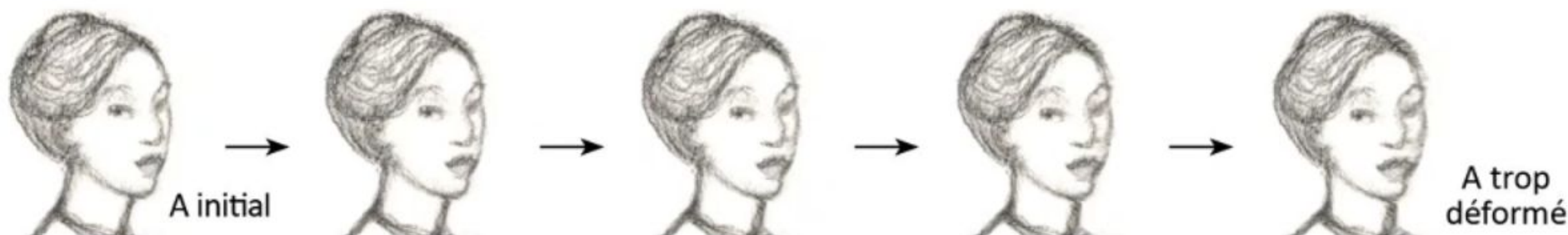
Ces lignes déterminent par exemple où est la place de la bouche dans chacune des deux images



Entre les deux, le logiciel calcule un chemin de transformation continue qui sert de base au warping



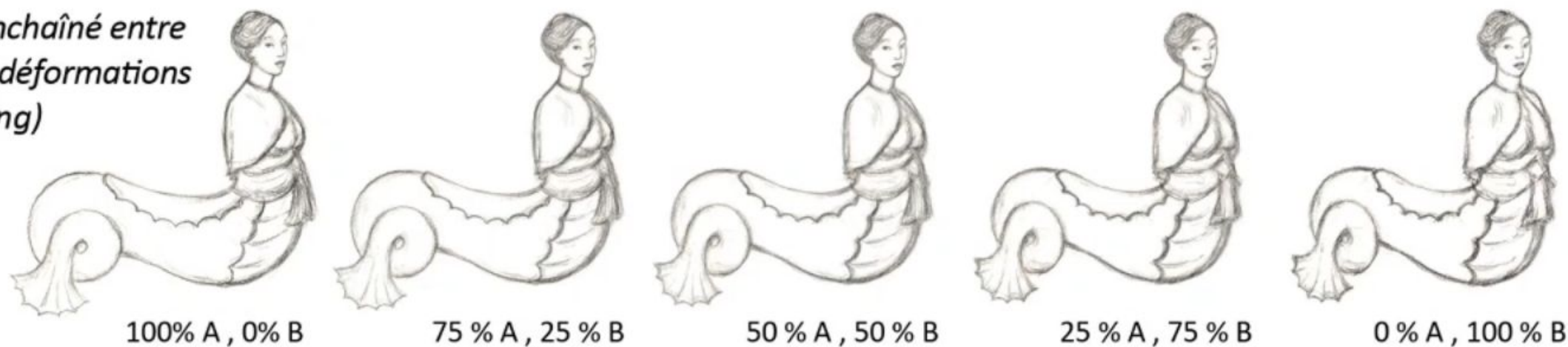
Déformation (warping) du dessin A



Déformation (warping) du dessin B



Fondu enchaîné entre les deux déformations (morphing)





Extrait de « Léonard de Vinci – le mouvement », Renaud Chabrier (2012)

2

Tourner autour d'un trait

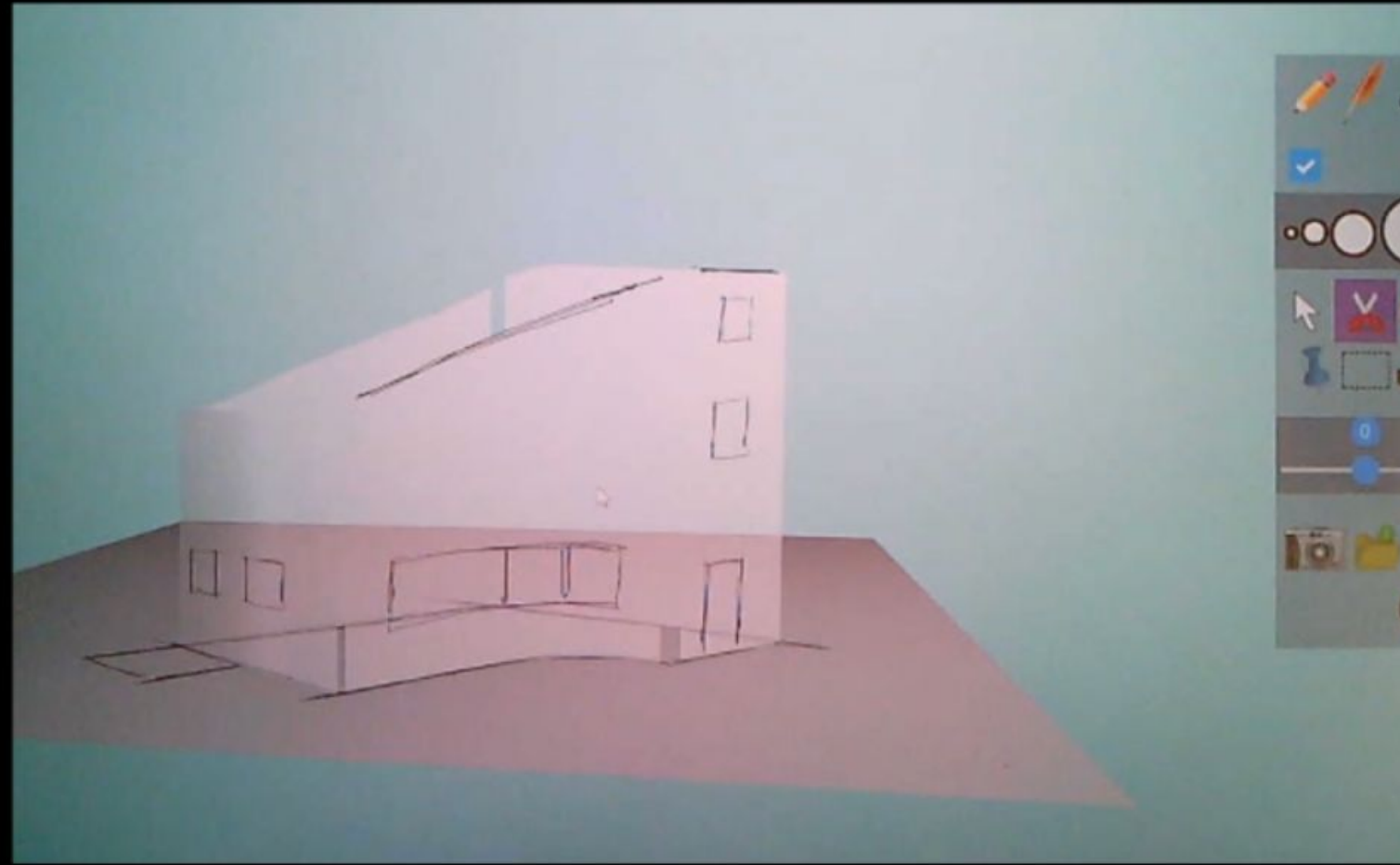


Jacques Callot, Un « Balli », vers 1620

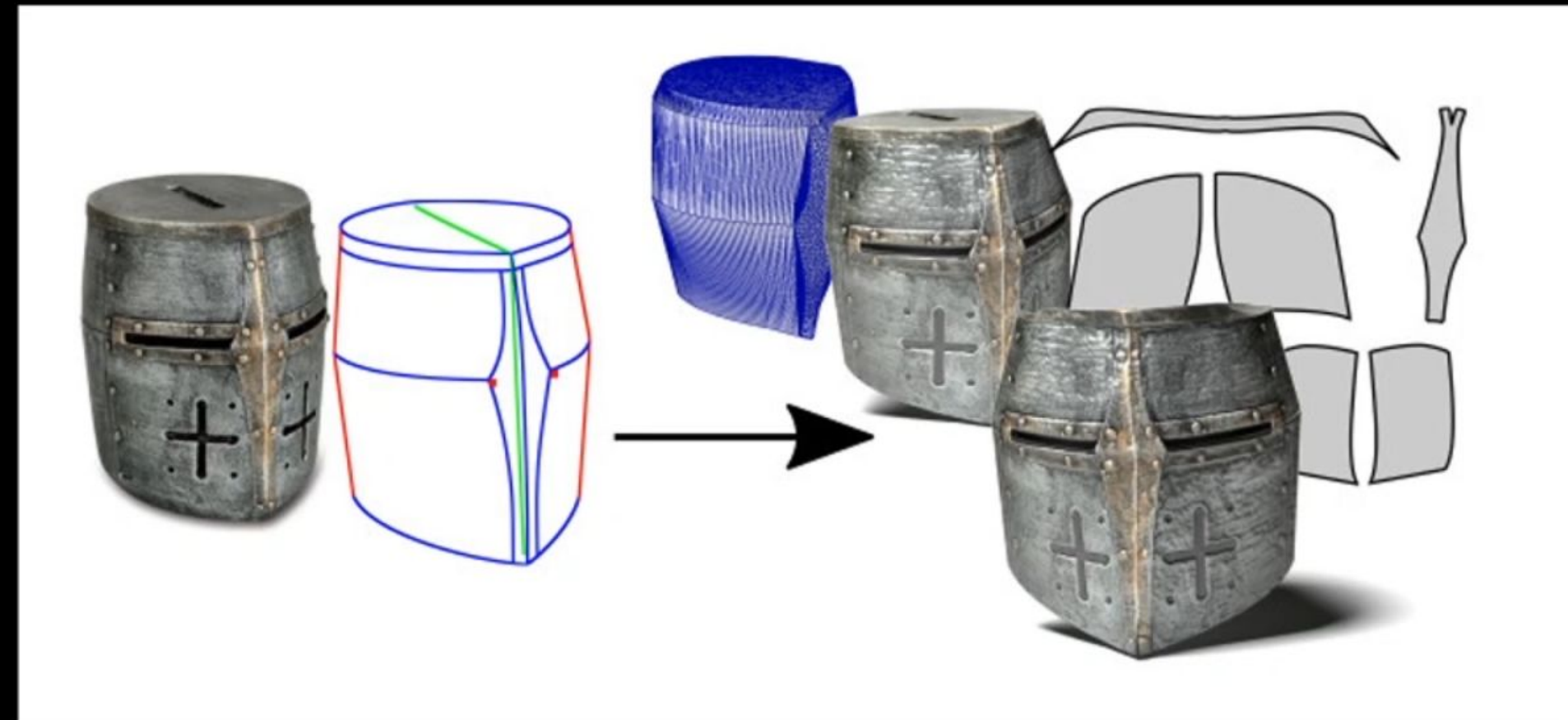




Sketch-Based Modeling of Vascular Systems:
a First Step Towards Interactive Teaching of Anatomy
A. Pihuit, M.P. Cani, O. Palombi, 2010



Nested Explorative Maps:
A new 3D canvas for
conceptual design in architecture
P. Olivier et al., 2019



Patterns from Photograph: Reverse-Engineering Developable Products
A. Fondevilla, A. Bousseau, D. Rohmer, S. Hahmann, M-P. Cani, 2017

Une méthode en trois étapes:

1: Acquérir un trait

2: Interpréter un plan tangent

3: Calculer une vue sous un autre angle

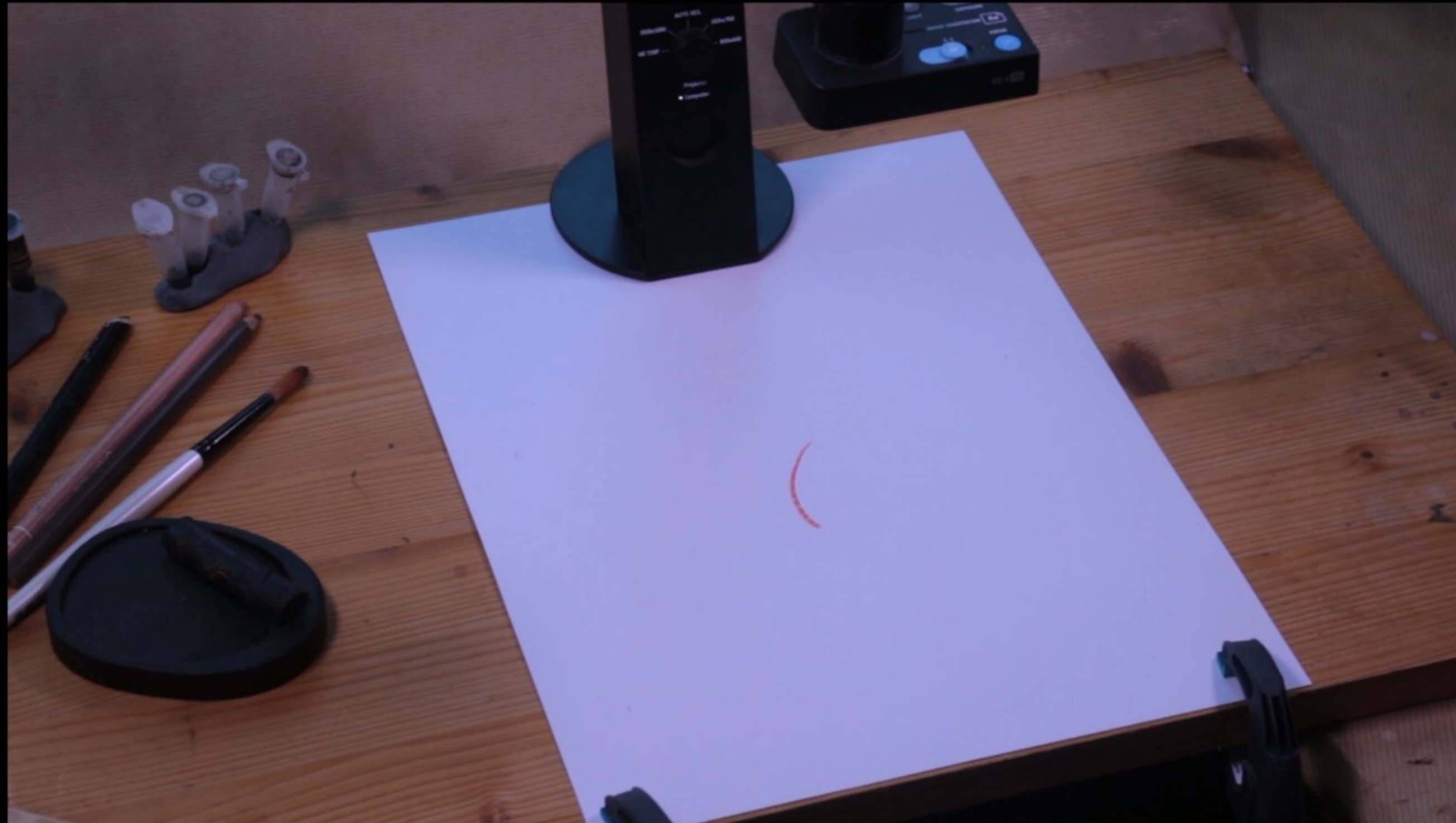
Etape 1

Acquérir un trait par méthode de soustraction



Etape 1

Acquérir un trait par méthode de soustraction



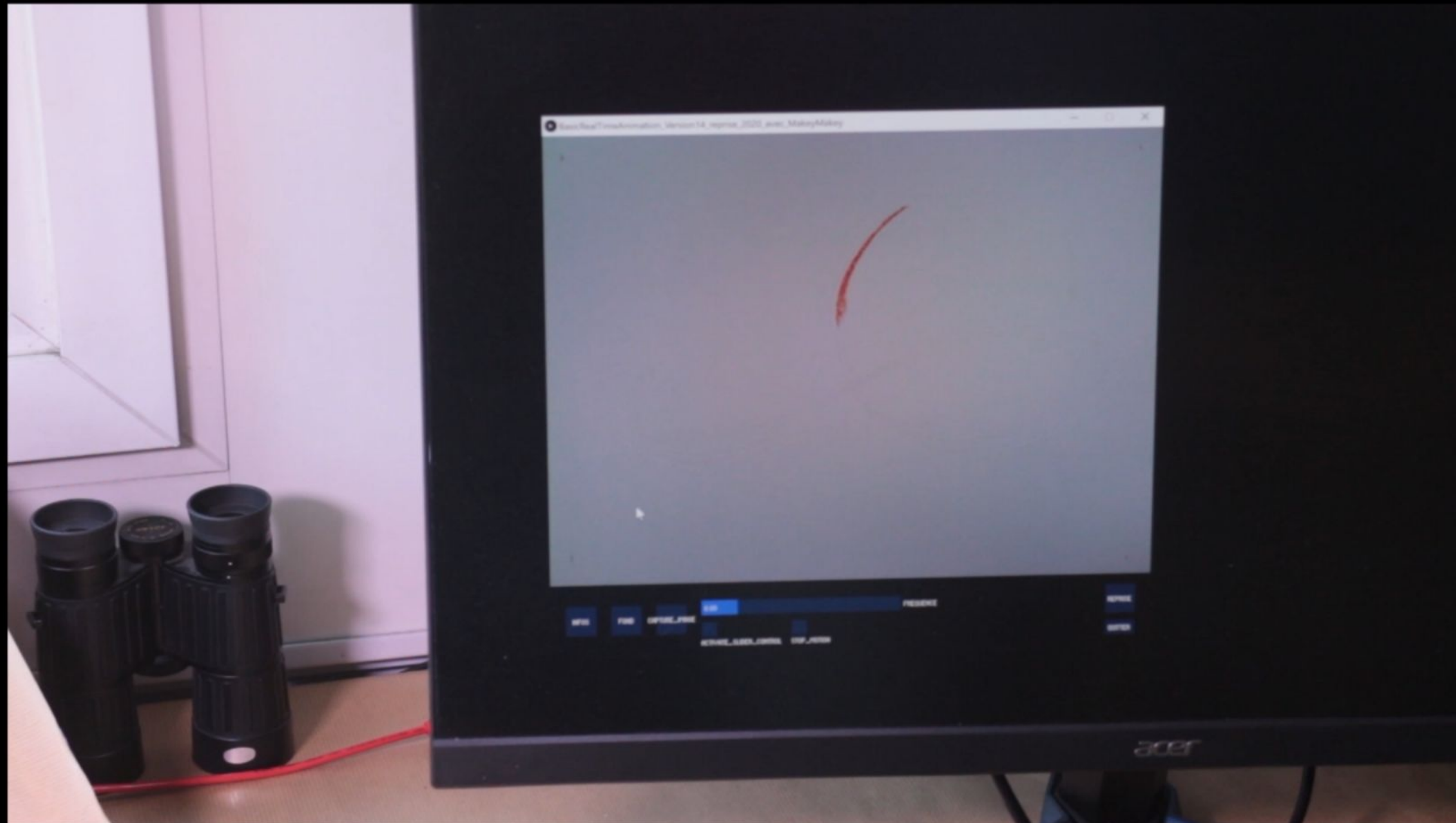
Etape 1

Acquérir un trait par méthode de soustraction



Etape 1

Acquérir un trait par méthode de soustraction



Etape 2

Evaluer un plan tangent

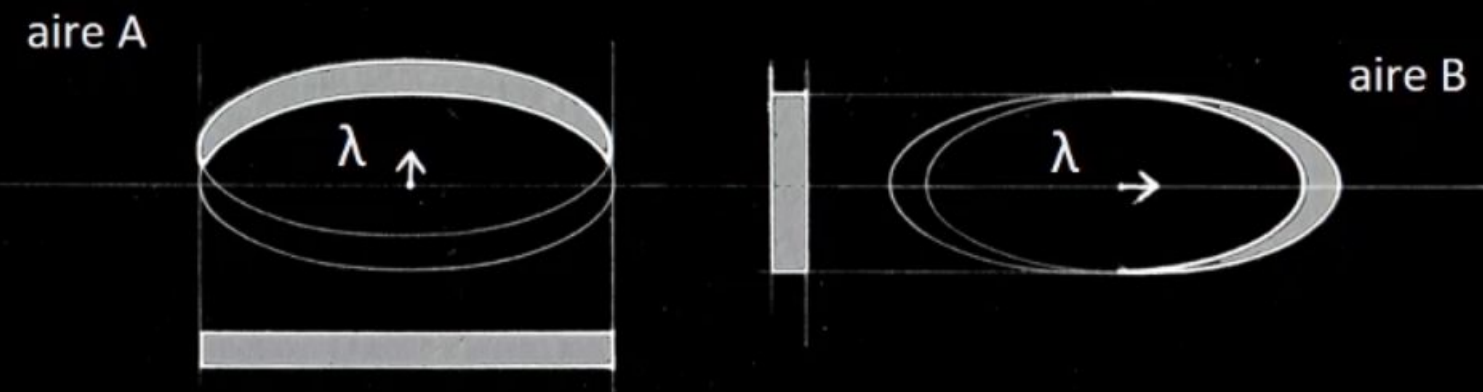
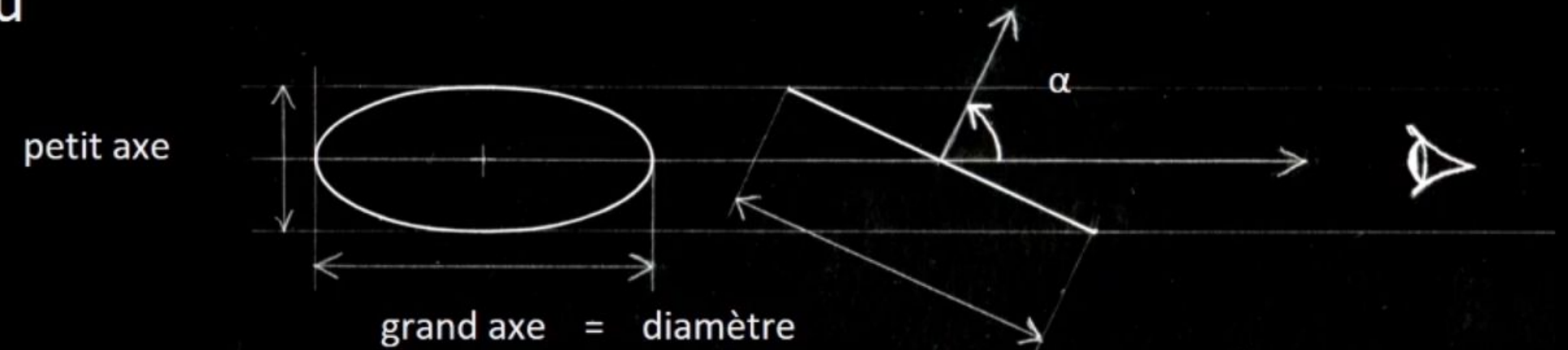
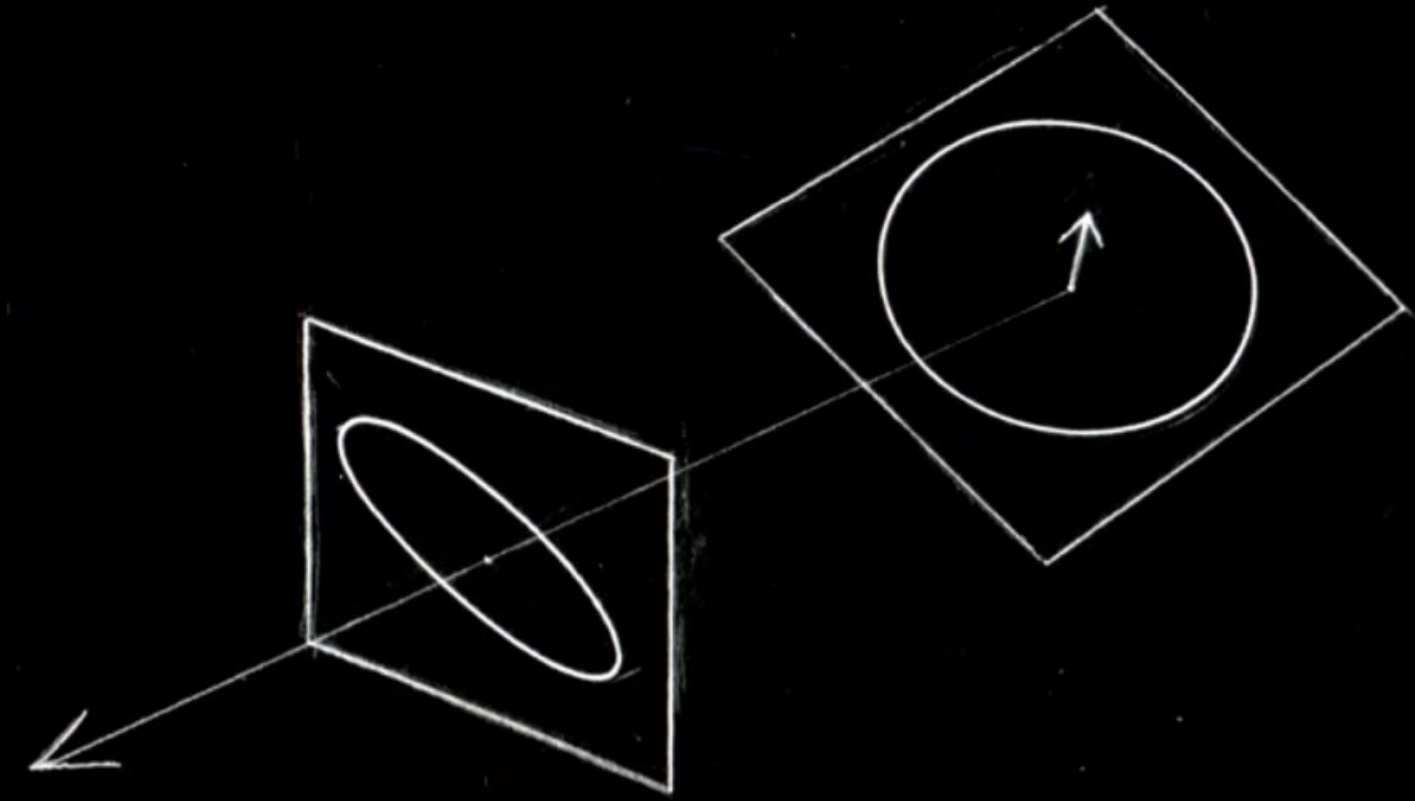
Une ellipse (dans le plan)
peut être vue comme un cercle (dans l'espace)

L'angle d'incidence α de ce cercle peut être connu
par des mesures de distance sur l'ellipse:

$$\cos(\alpha) = \text{petit axe} / \text{grand axe}$$

Ce même rapport peut être connu
d'une autre manière,
en mesurant une aire au lieu d'une distance

$$\cos(\alpha) = \lim_{\lambda \rightarrow 0} (\text{aire B} / \text{aire A})$$



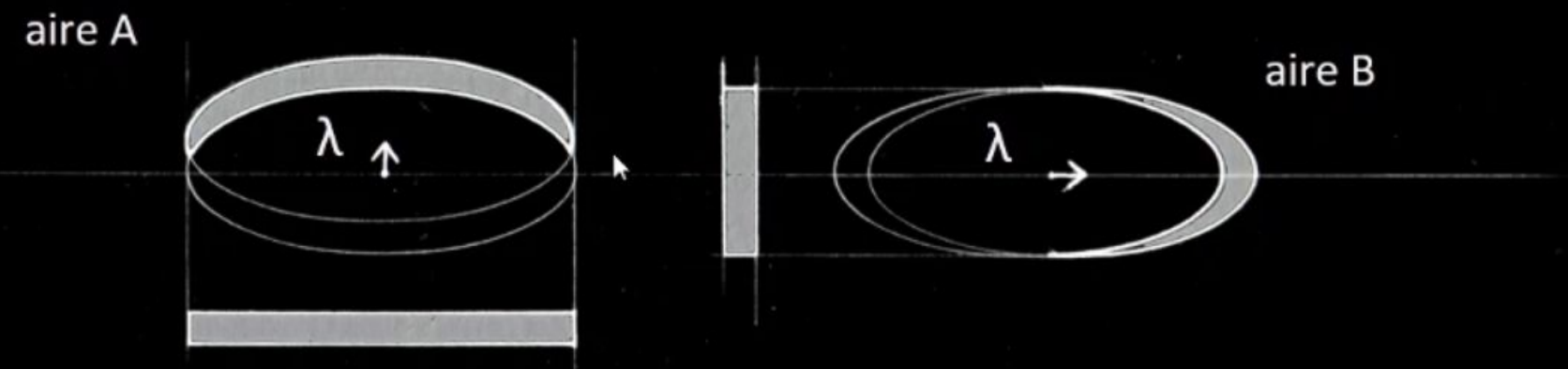
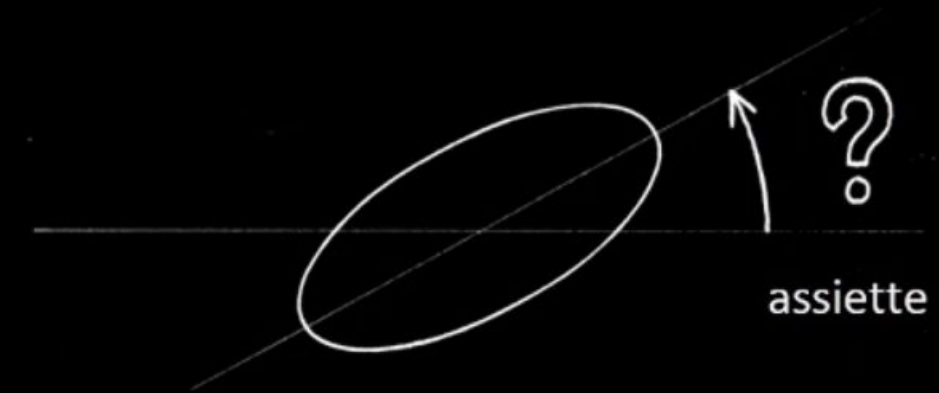
Etape 2

Evaluer un plan tangent

Cette méthode a l'avantage de pouvoir s'appliquer à toute texture, en additionnant les pixels d'une différence d'image

Mais il faudrait connaître l'angle d' « assiette » !

Remarque: pour un dessin au trait, l'écart λ doit être inférieur à l'épaisseur du trait

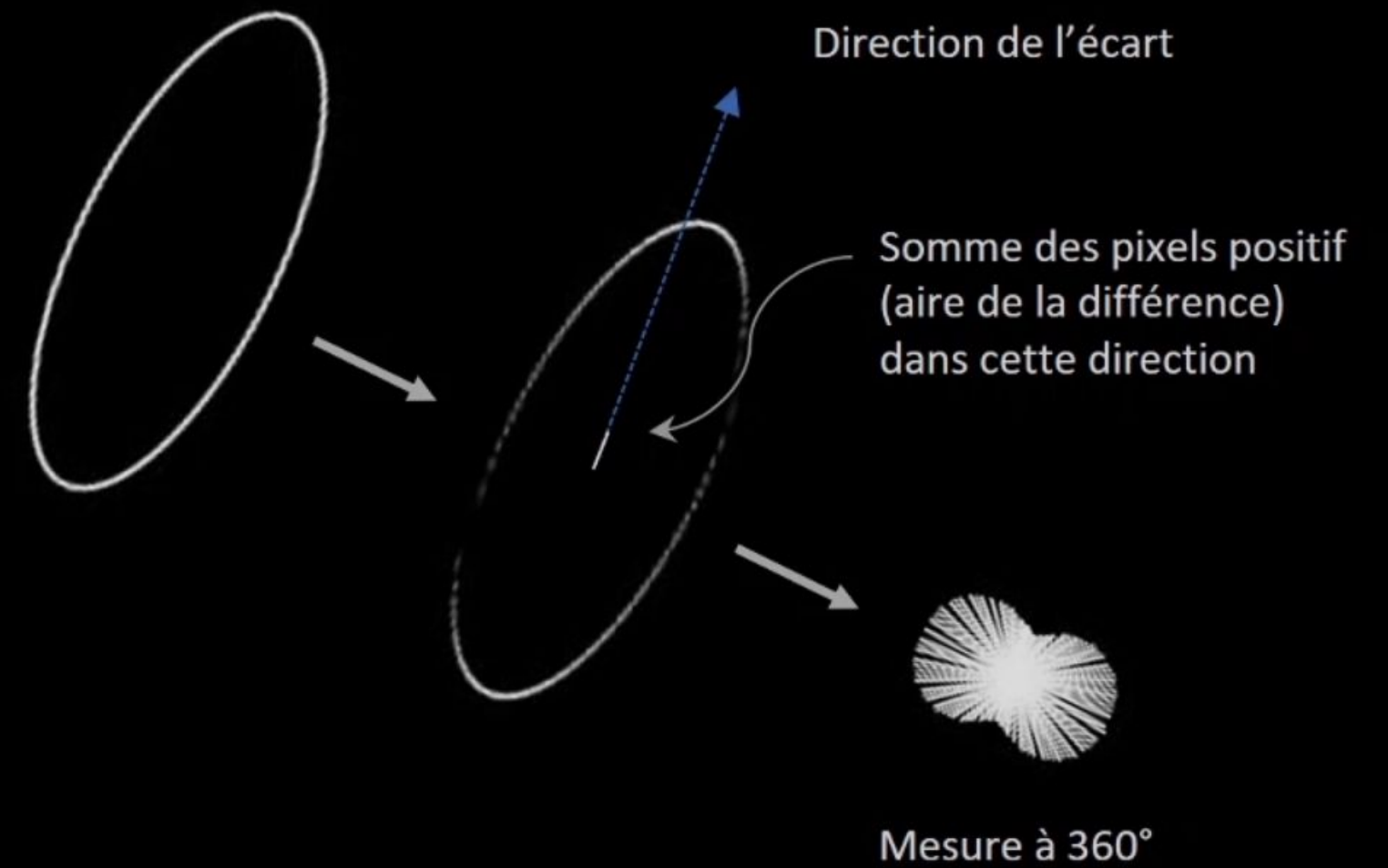
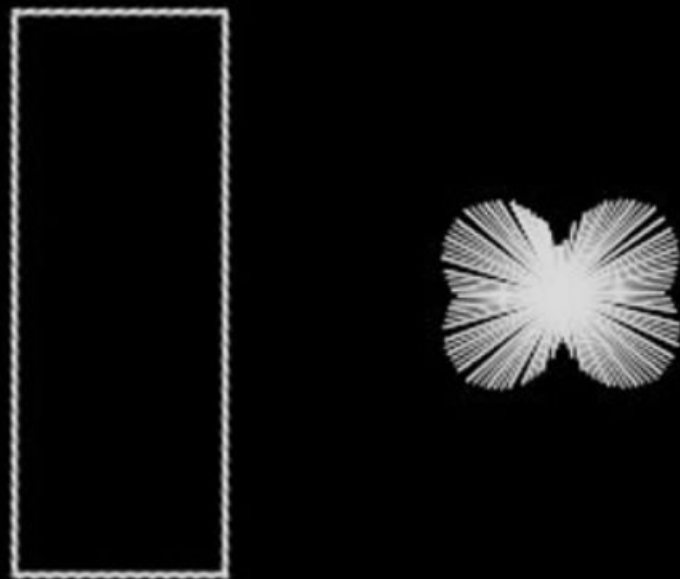


$$\cos(\alpha) = \lim_{\lambda \rightarrow 0} (\text{aire B} / \text{aire A})$$

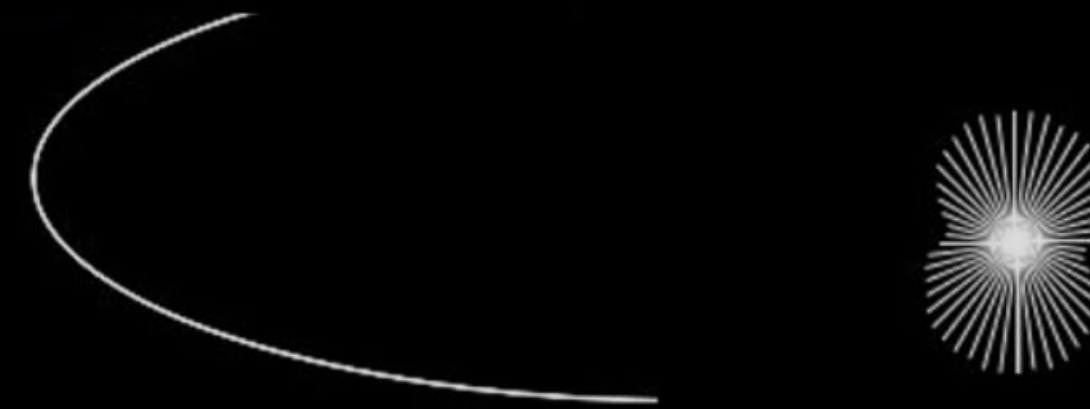
Le gradient général de l'image nous donnera la direction du maximum de variation, c.a.d. le petit axe

Mais si l'on répète les mesures d' « Ecart-Différence » à 360° sur une image d'ellipse, on constate que le minimum de variation est mieux marqué que le maximum

Cette caractéristique des ellipses ne se retrouve pas sur les formes anguleuses:



Mais nous allons pouvoir l'utiliser pour proposer un plan tangent à un trait courbe:



Algorithme 1

Evaluation d'un plan tangent par la méthode « Ecart-Soustraction »

```
// Parametre de longueur de l'écart (quelques pixels)
int  $\lambda$  = 3;

// Mesure de l'écart dans différentes directions, sur 360°
float[] mesureEcart = new float[ nombreMesures]; // En pratique, on prend nombreMesure = 24
for (int k = 0; k < nombreMesures; k++)
{
    // Calcul d'une "image" décallée de la longueur  $\lambda$  dans la direction  $\beta$ 
     $\beta$  = 2*PI / k;
    image2 = translate( image,  $\lambda$ ,  $\beta$  );
    // Soustraction pour obtenir le vecteur-image  $v = (image2 - image1)$ 
    int[] v = new int[N]; // Attention: les valeurs de v sont relatives
    for (int i = 0; i < nombrePixels; i++) {
        v[i] = image2.pixels[i] - image1.pixels[i]; }
    }
    // On mesure la magnitude de v en additionnant ses valeur positives
    mesureEcart[k] = 0;
    for (int i = 0; i < nombrePixels; i++) {
        if ( v[i] > 0 ) {
            mesureEcart[k] = mesureEcart[k] + v[i]; // Le tableau mesureEcart stocke 24 resultat
        }
    }
}
```

Algorithme 1

Evaluation d'un plan tangent par la méthode Ecart-Soustraction (suite)

```
// L'indice de la valeur minimum de mesureEcart[] donne
// l' « assiette » du plan tangent
angleAssiette = indiceDuMinimum ( mesuresEcart ) * 2PI / nombreMesures;

// Le rapport entre les valeurs maximales et minimale de mesureEcart donne
// l' « incidence » du plan tangent
angleIncidence = acos ( min( mesuresEcart ) / max ( mesuresEcart ) )

// On calcule le centre de masse de l'image du trait
(xCentre, yCentre) = calculeCentreMasse ( image1 )

// On calcule l'équation de la ligne focale
// en supposant qu'elle passe par le centre de masse du trait
a = -sin(angleAssiette);
b = cos(angleAssiette);
c = sin(angleAssiette)*xCentre - cos(angleAssiette)*yCentre;
```

Visualisation de l'ellipse équivalente et choix du signe de de l'incidence:

oration_squelette_et_analyse



lambda = 5
gamma courant = 180.0
seuil = 40

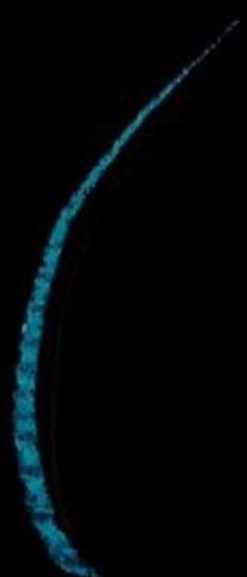


zeta = 0.0°
delta = 0.0°

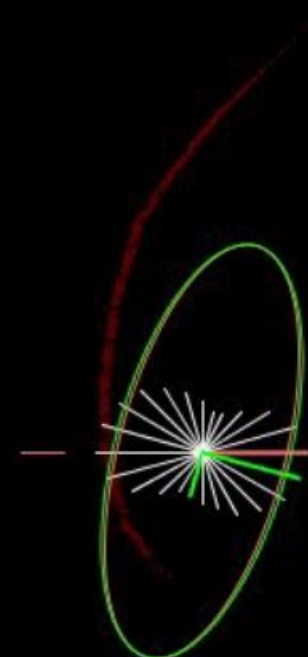
Visualisation de l'ellipse équivalente et choix du signe de de l'incidence:

separation_squelette_et_analyse

- □ ×



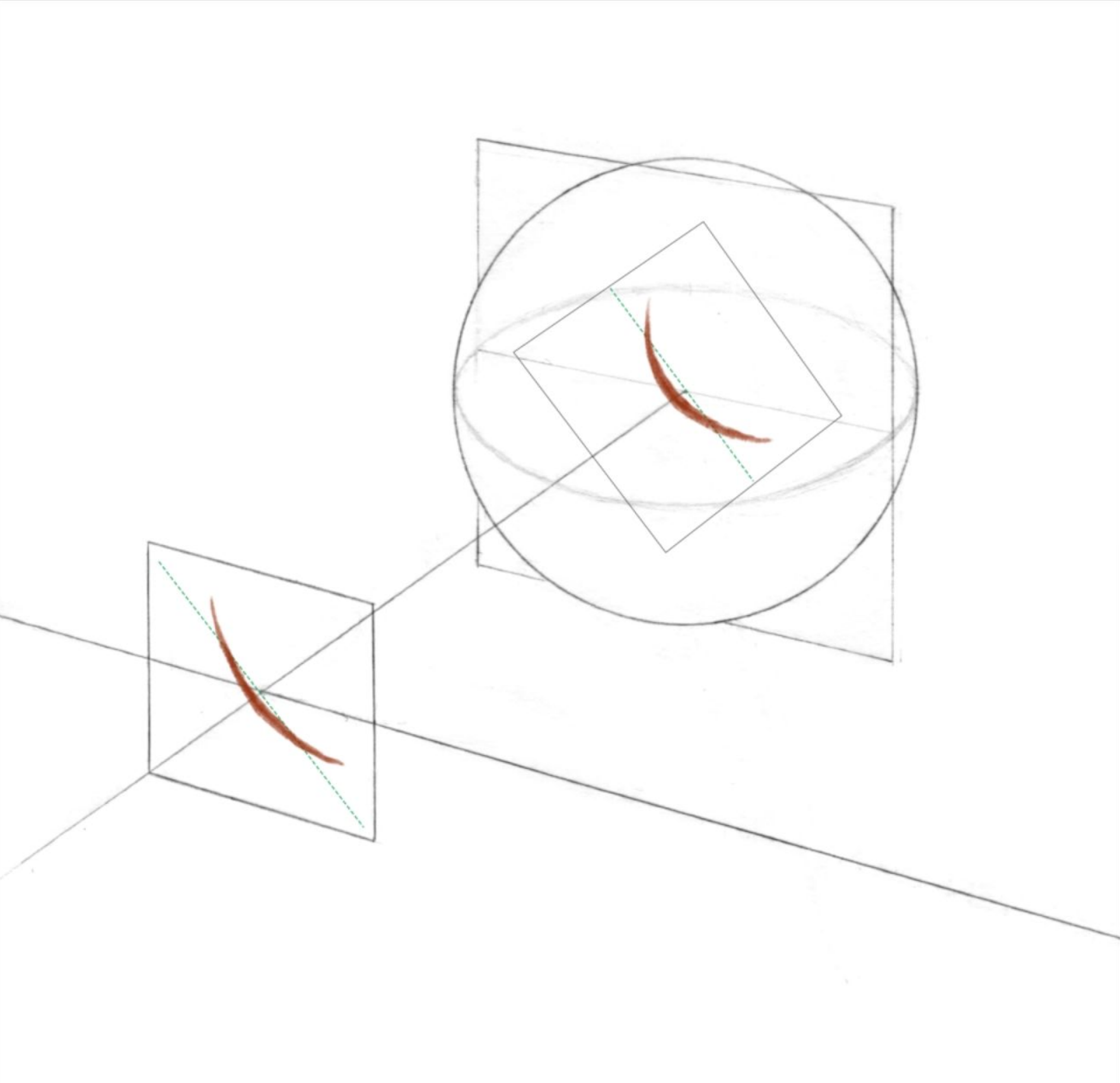
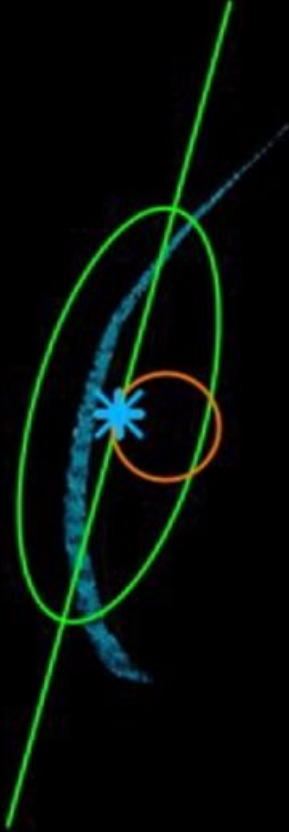
lambda = 5
gamma courant = 180.0
seuil = 40



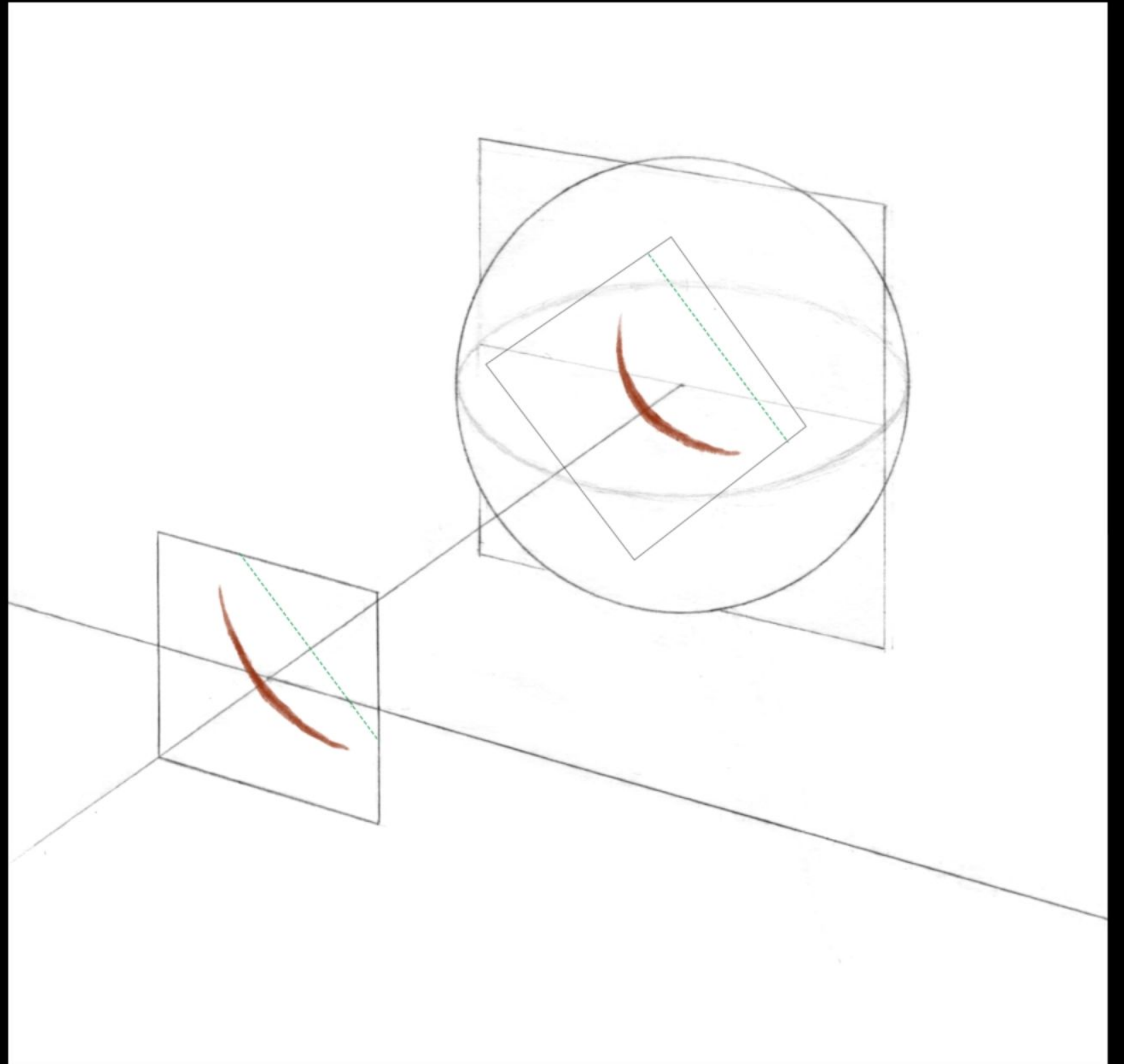
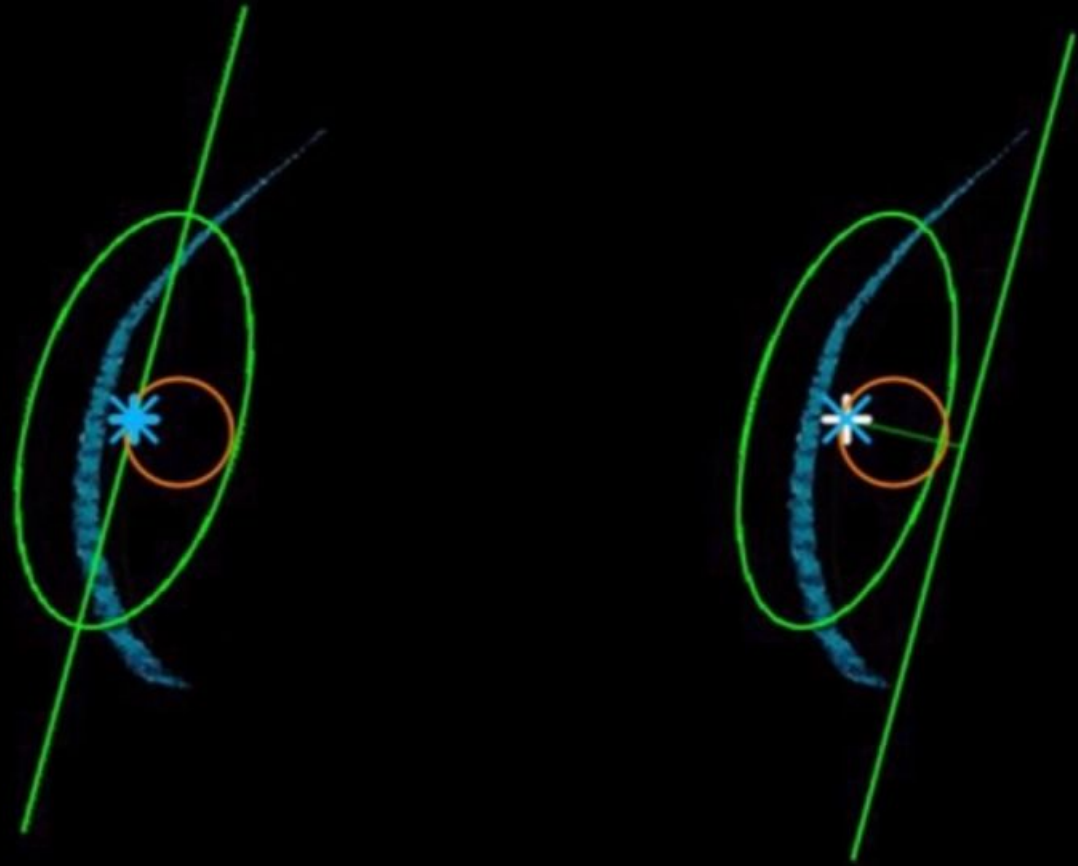
zeta = 0.0°
delta = 0.0°



Ajustement de la profondeur
avec la ligne focale:

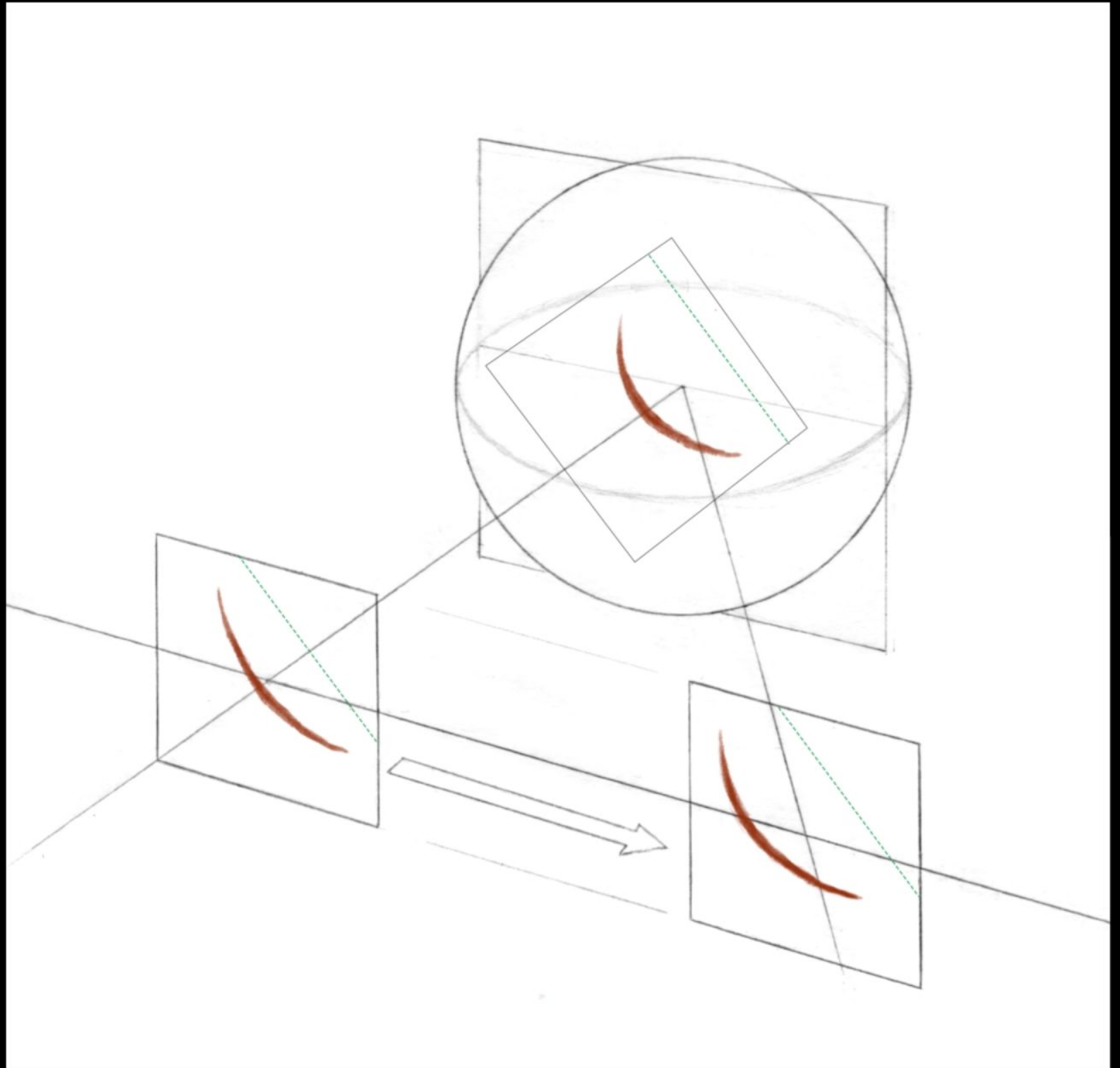


Ajustement de la profondeur
avec la ligne focale:



Etape 3
Calculer de nouvelles vues

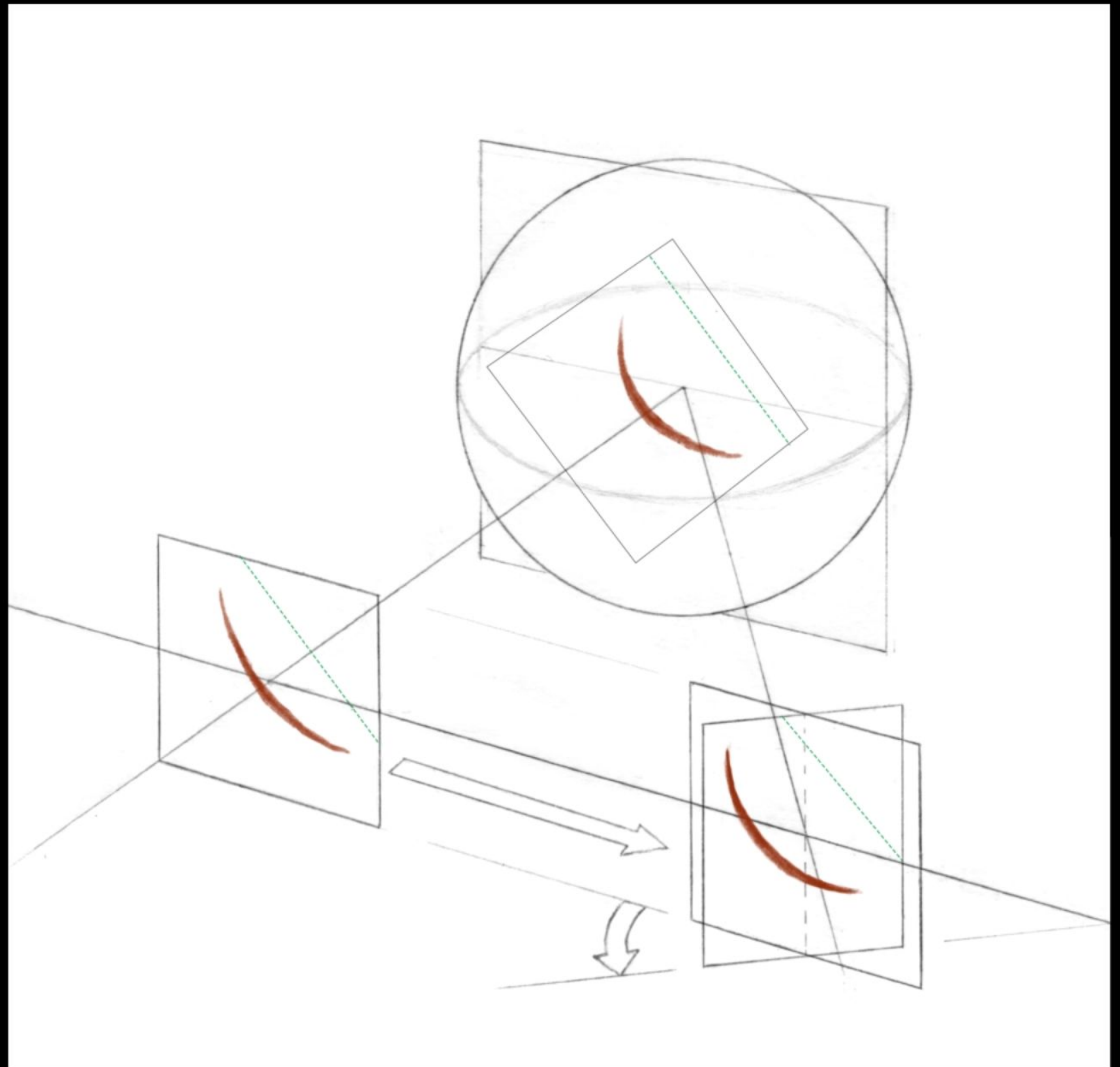
1 : Décentrement



Etape 3
Calculer de nouvelles vues

1 : Décentrement

2 : Compression horizontale



Algorithme 2

Calcul d'une nouvelle vue sous l'angle δ

Pour chaque pixels (x_3, y_3) de l'image d'arrivée {

// Décompression horizontale

$x_2 = x_3 / \cos(\delta);$

$y_2 = y_3;$

// Décentrement inverse

distance((x_2, y_2) , ligne focale) = $a * x + b * y + c;$

$x_1 = x_2 - (\text{facteurDecentrement} / \text{distance});$

$y_1 = y_2;$

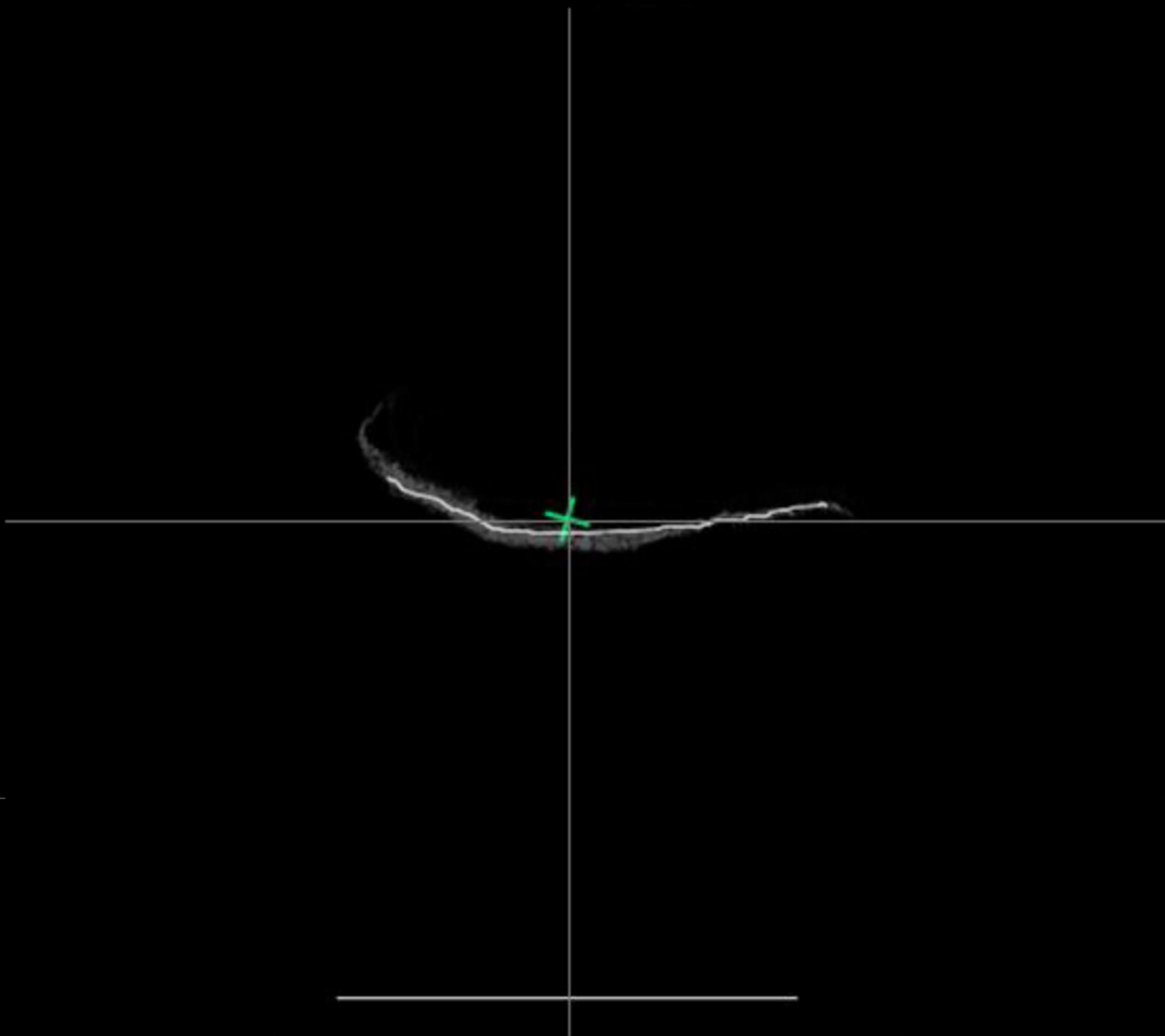
// Affectation de la valeur de pixels

$\text{valeur}(x_3, y_3) = \text{valeur}(x_1, y_1);$

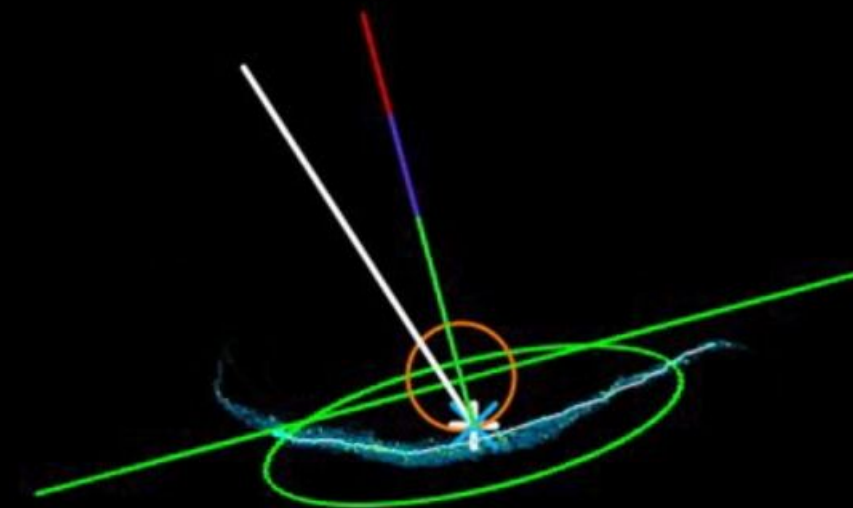
}







$\zeta = 0.0^\circ$
 $\delta = -6.0^\circ$

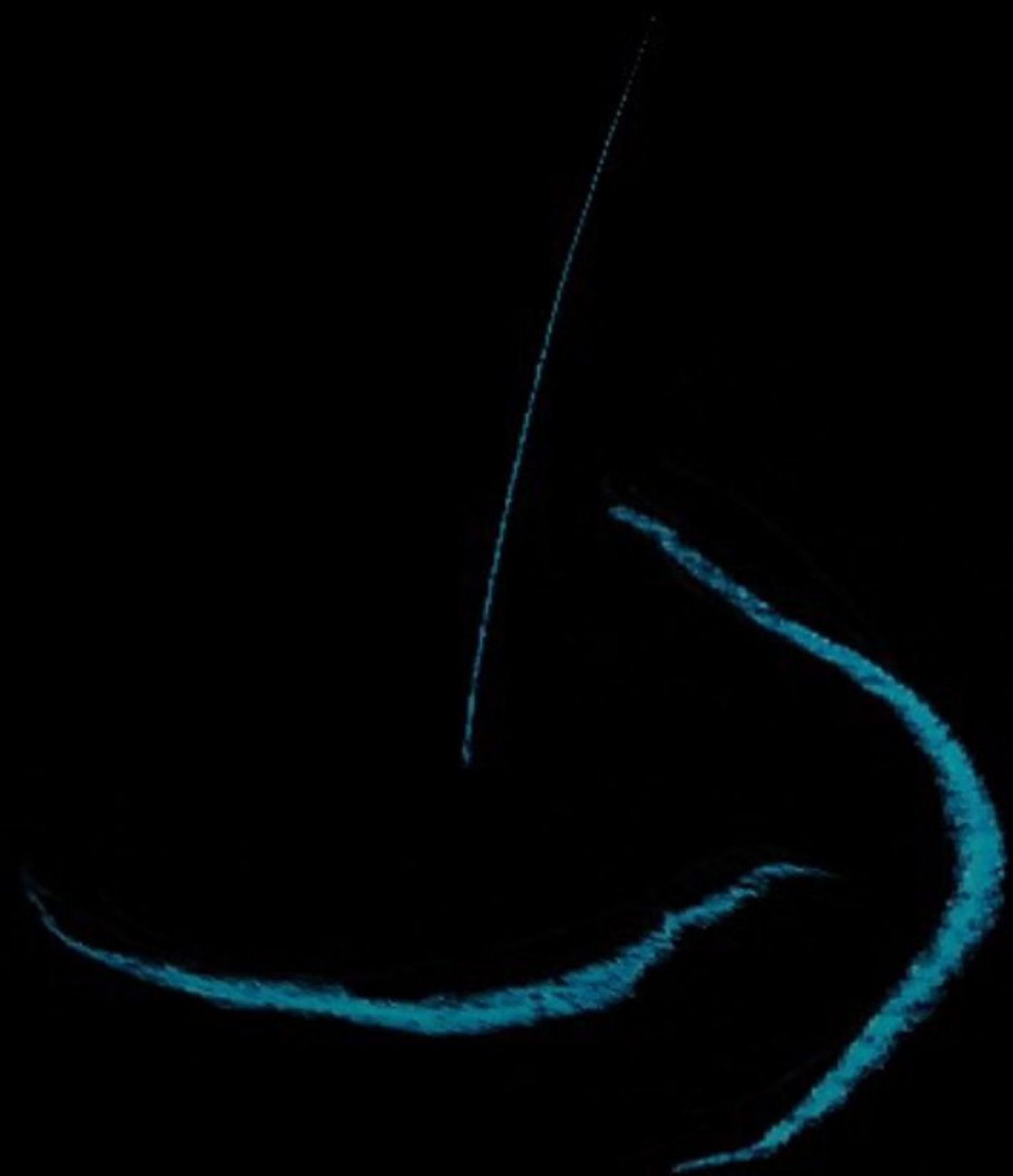


Amelioration 1:
préservé l'épaisseur
des traits

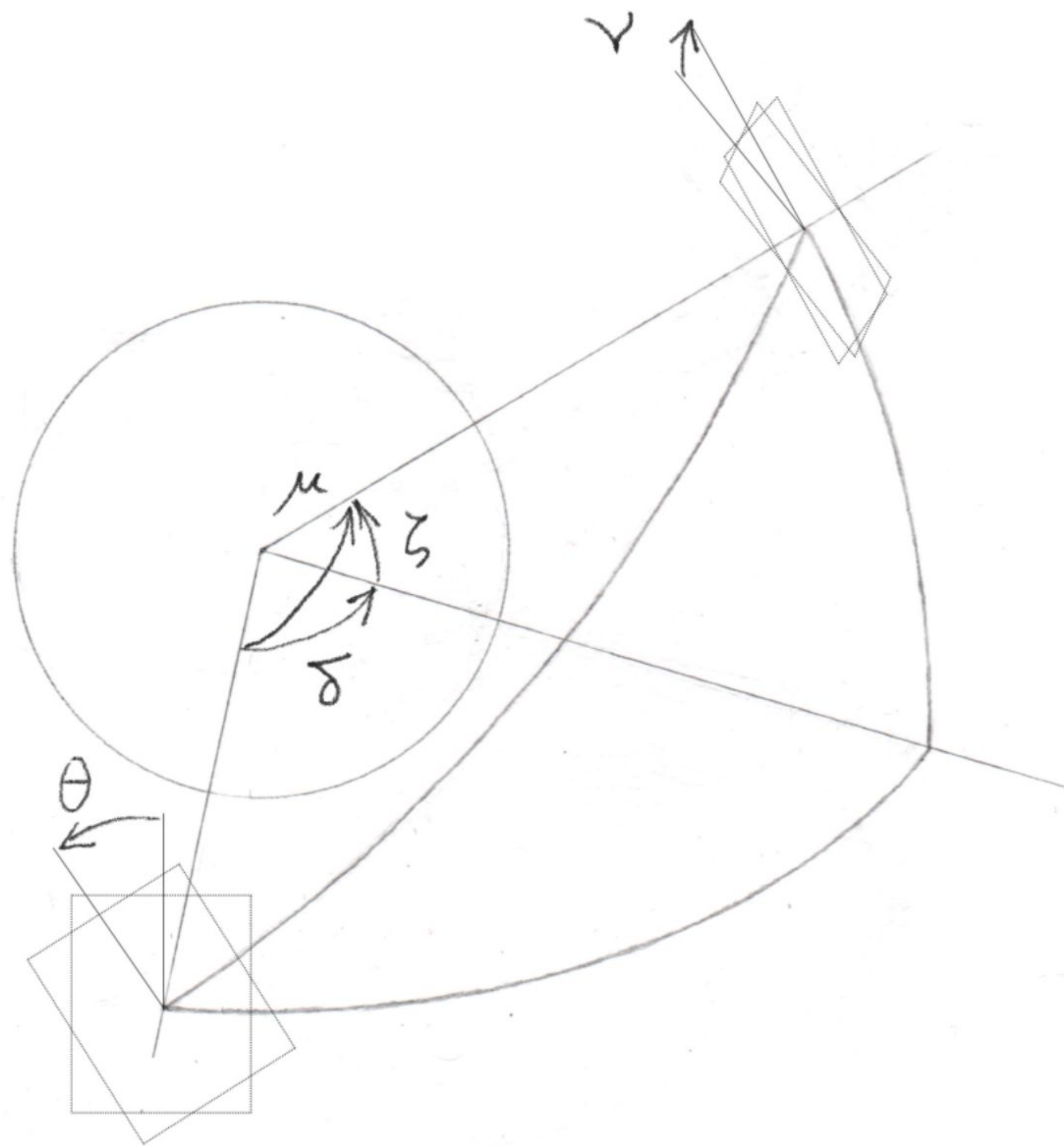








Amelioration 2:
angle de vue arbitraire

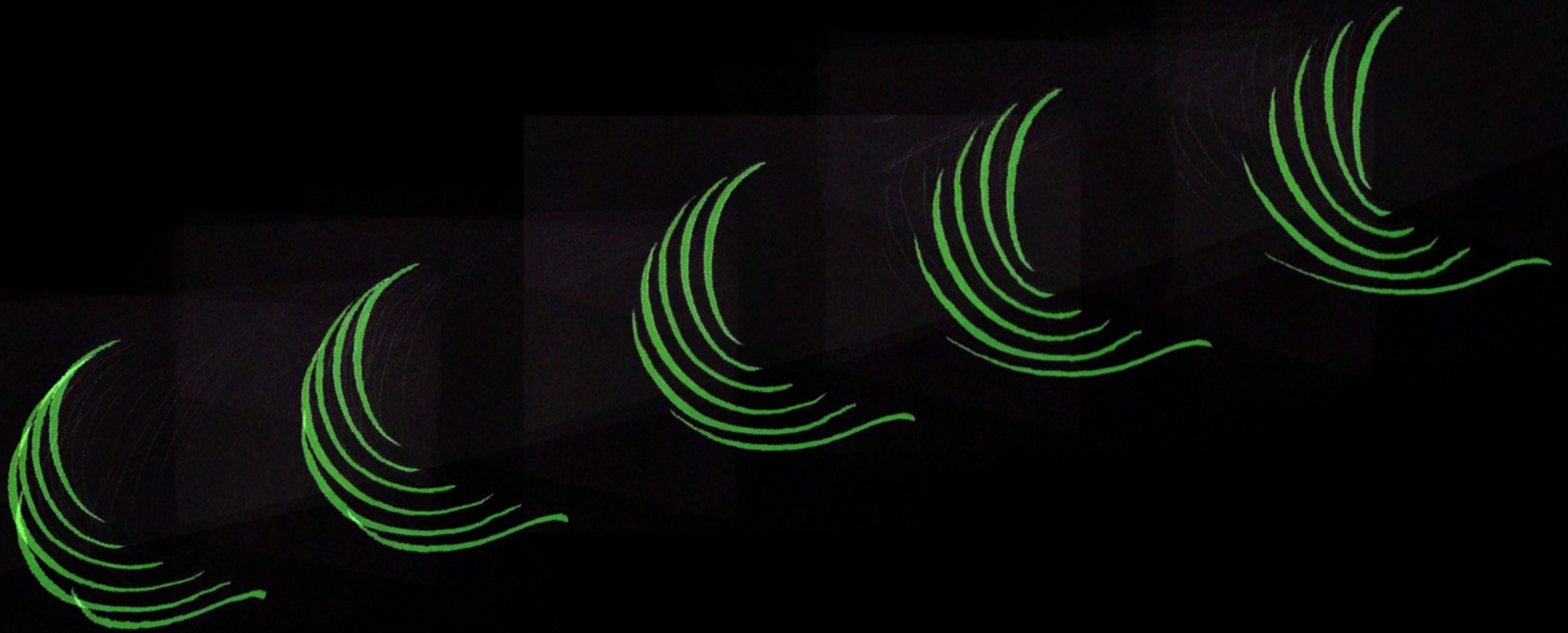


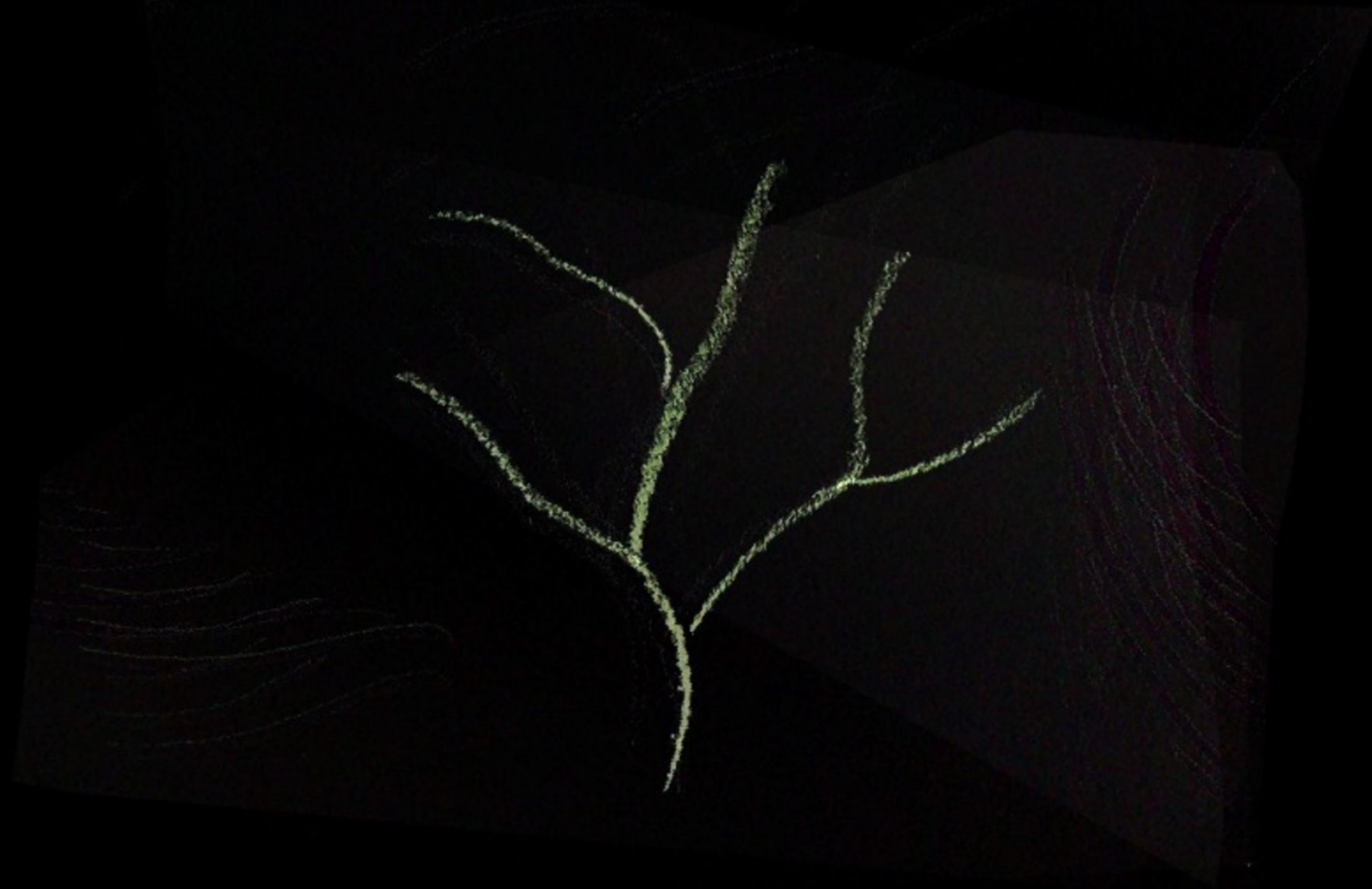






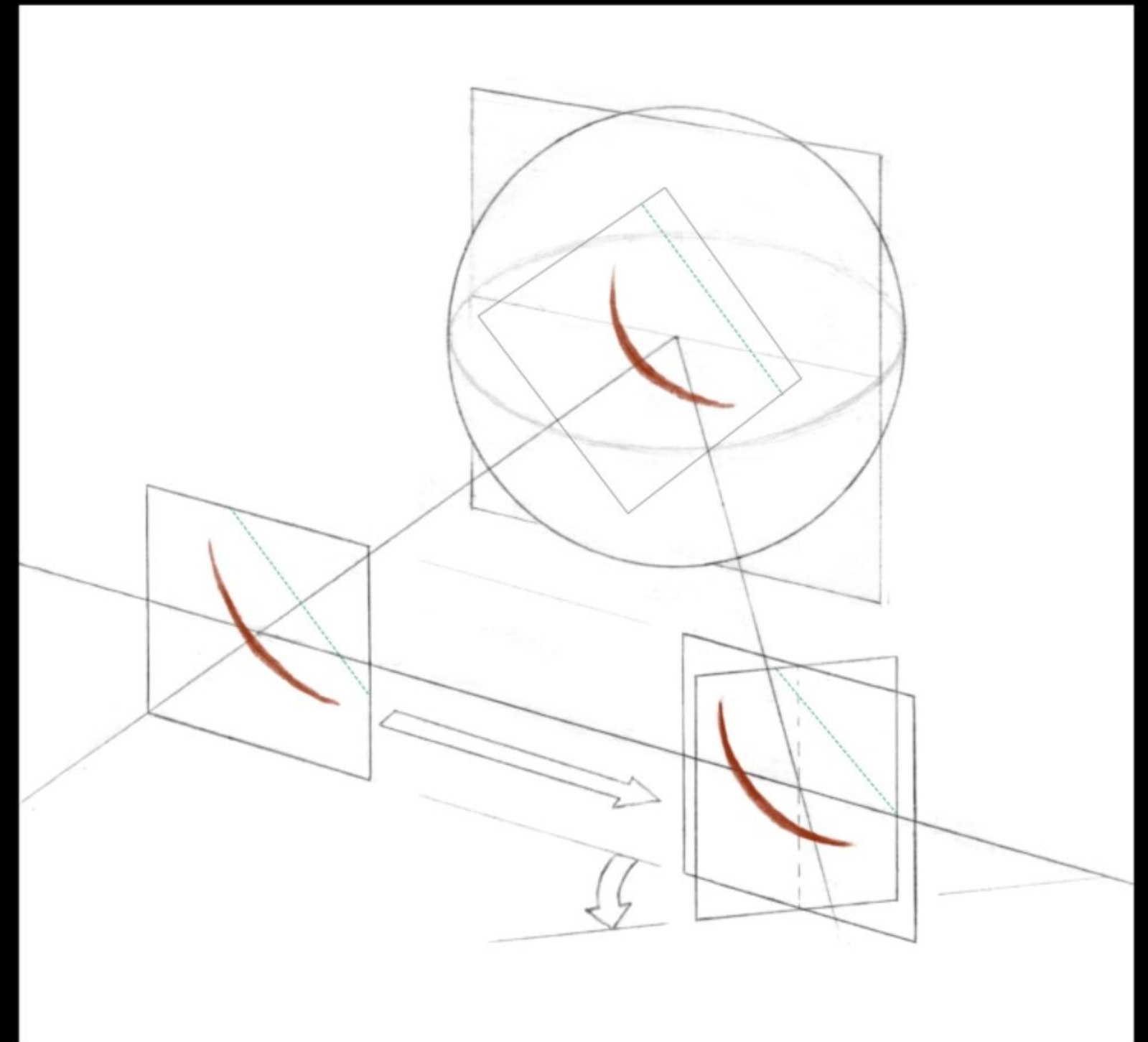
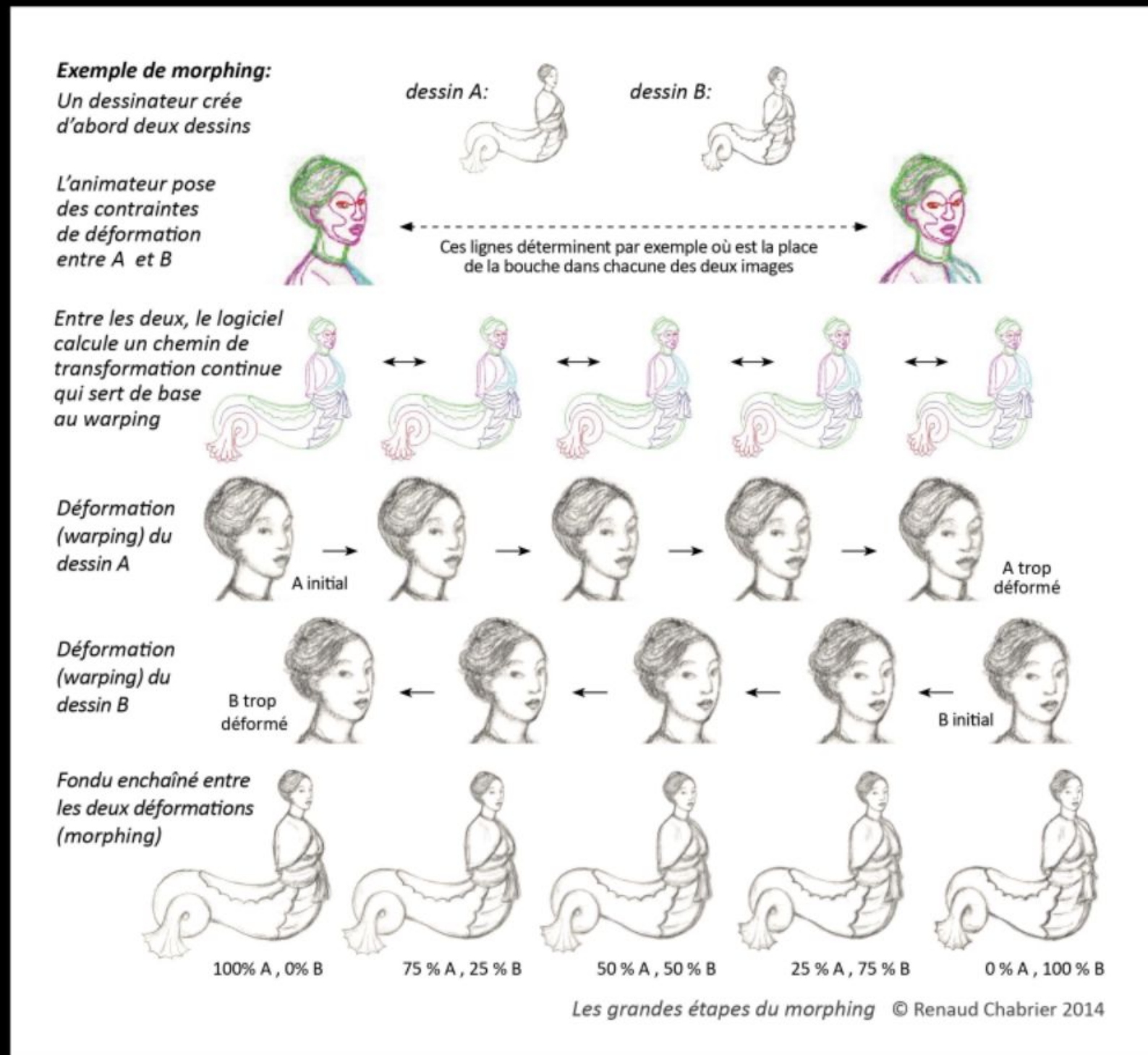








Conclusion



Géométrie avec point de vue (perspective centrale)



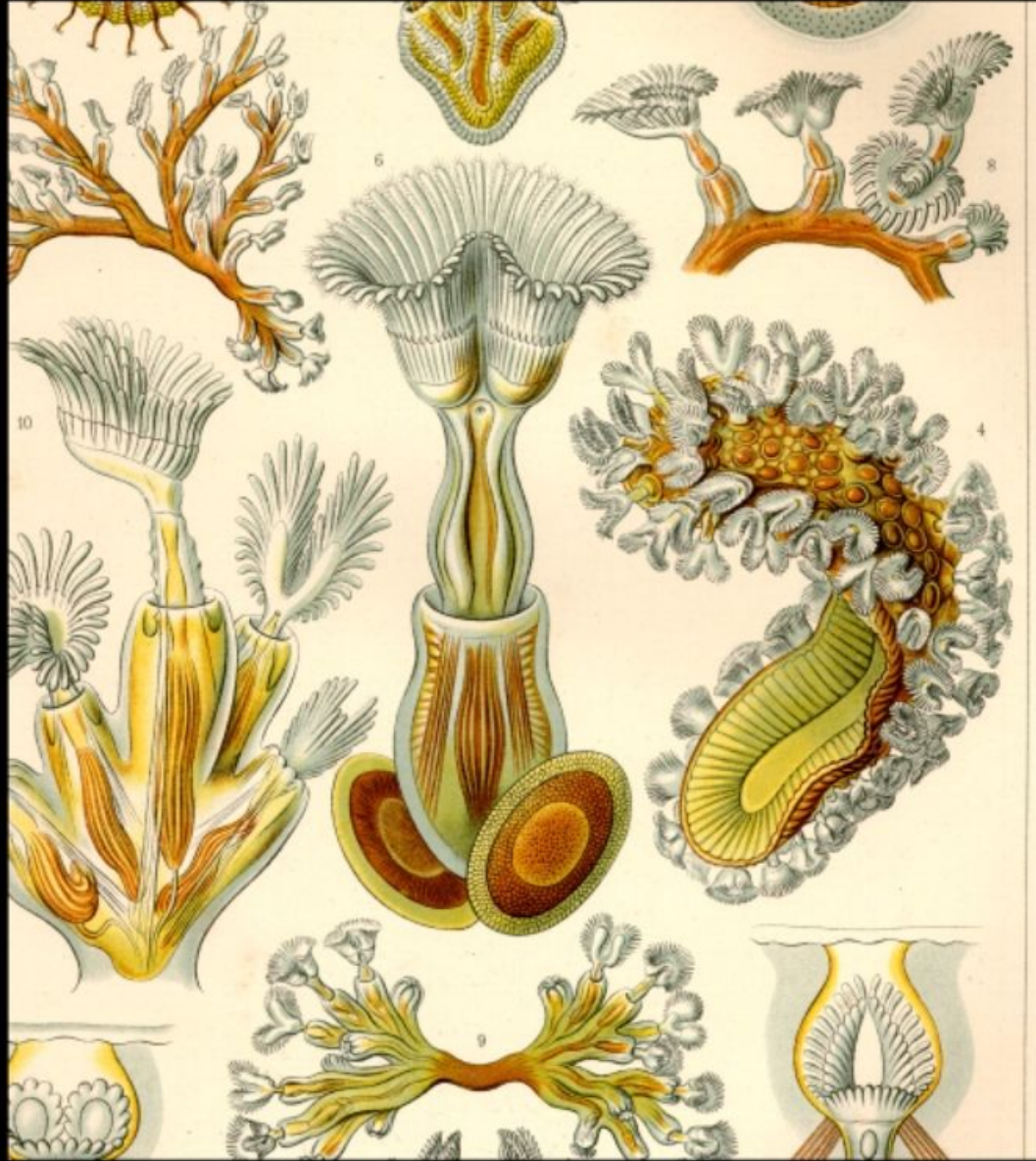
Attribué à P. de la Francesca, 1480

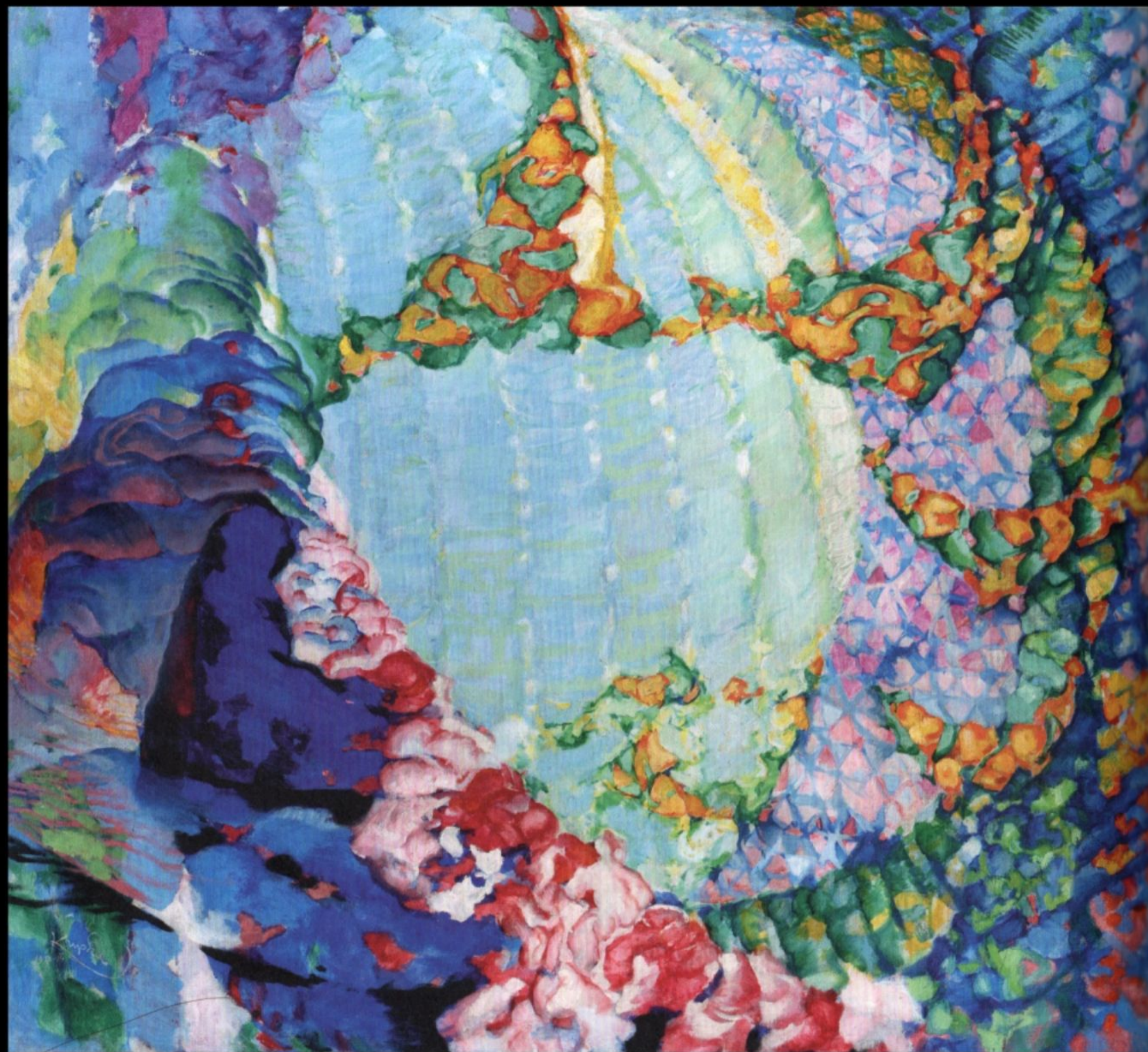
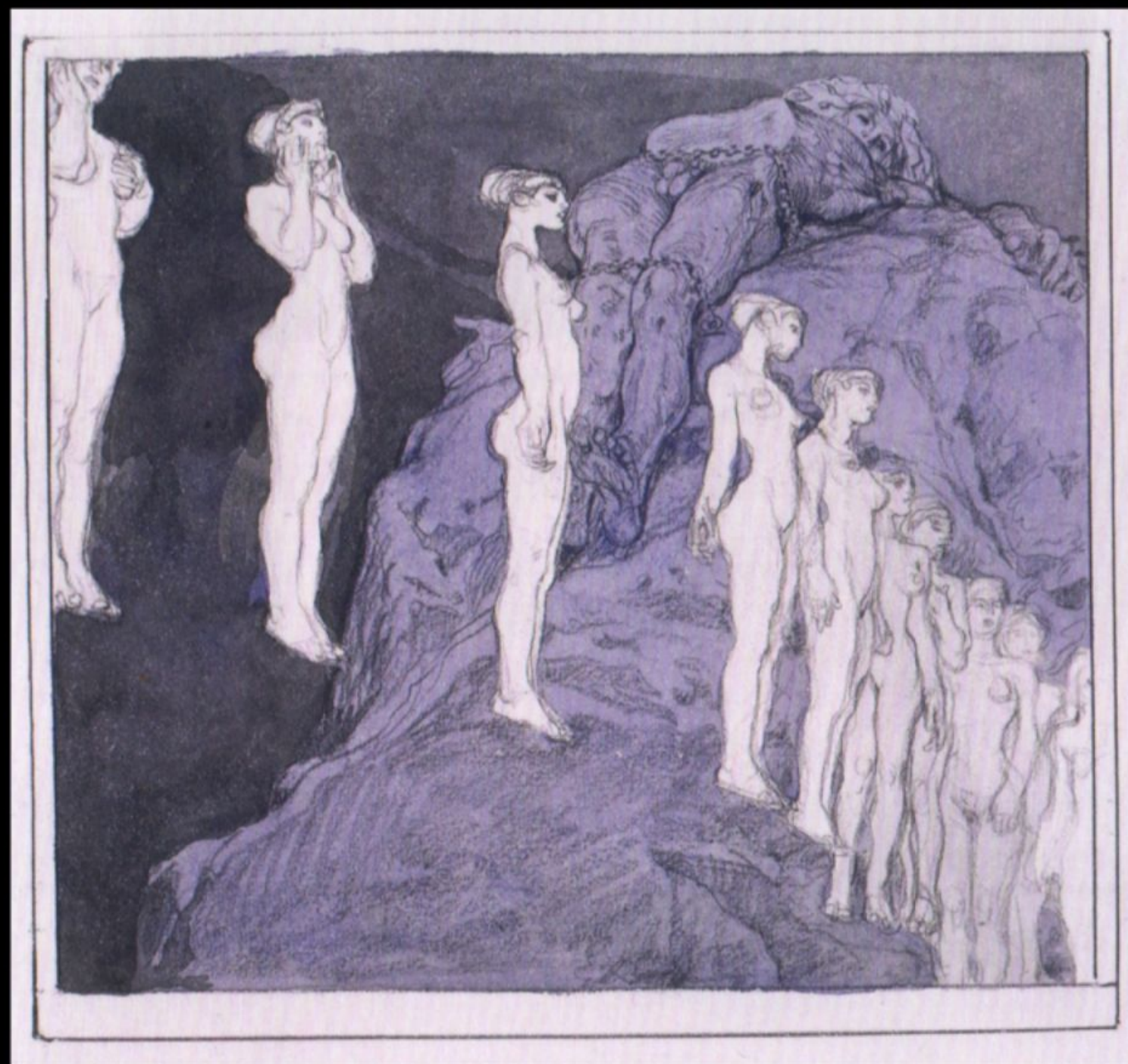
Léonard de
Vinci,
1517

Géométrie sans point de vue



Géométrie sans point de vue





Frantisek Kupka, Prométhée (1910),
Printemps cosmique (1914)

Merci aux équipes Geovic (Ecole Polytechnique)
et Janke (Institut Curie)

This work received support from PSL Research University and from the
grants ANR-11-LABX-0038 and ANR-10-IDEX-0001-02.



<https://images.math.cnrs.fr/Le-Morphing.html>