

Détecteurs et descripteurs

GIF-4105/7105 Photographie Algorithmique
Jean-François Lalonde

Détecteurs et descripteurs

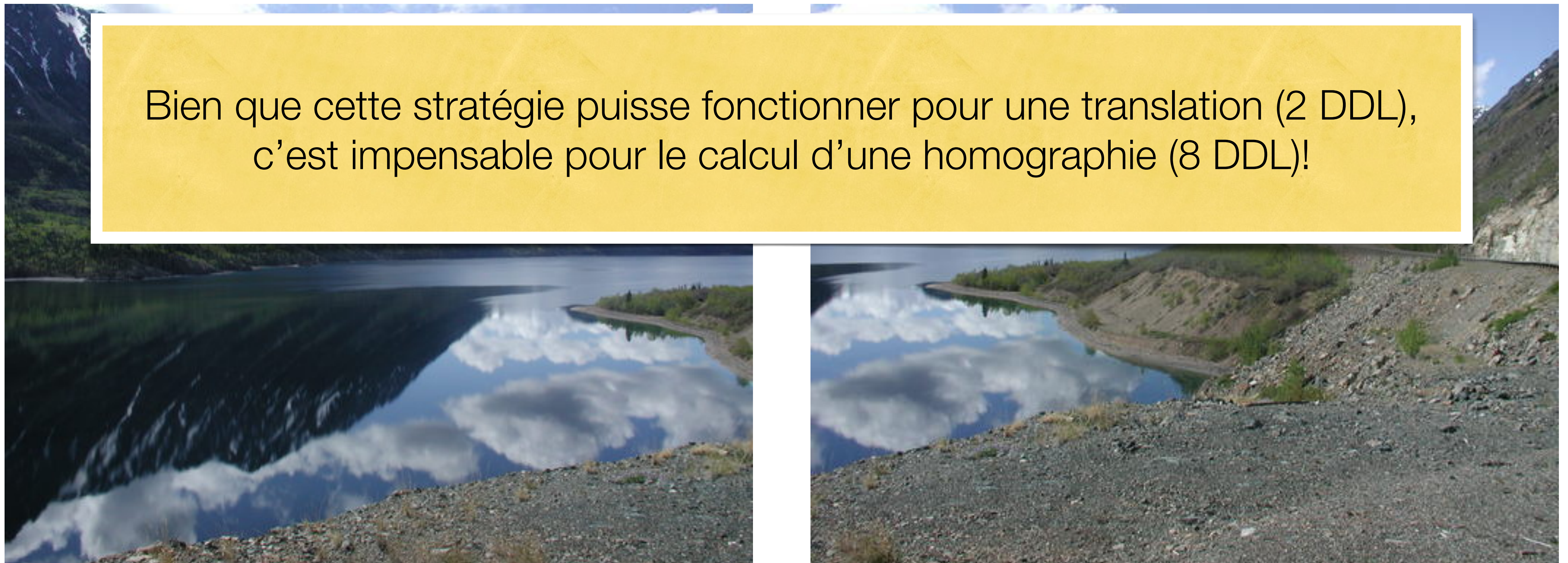
Aligner des images

GIF-4105/7105 Photographie Algorithmique
Jean-François Lalonde

Comment aligner deux images?

- Calculer la similarité des images pour chaque transformation

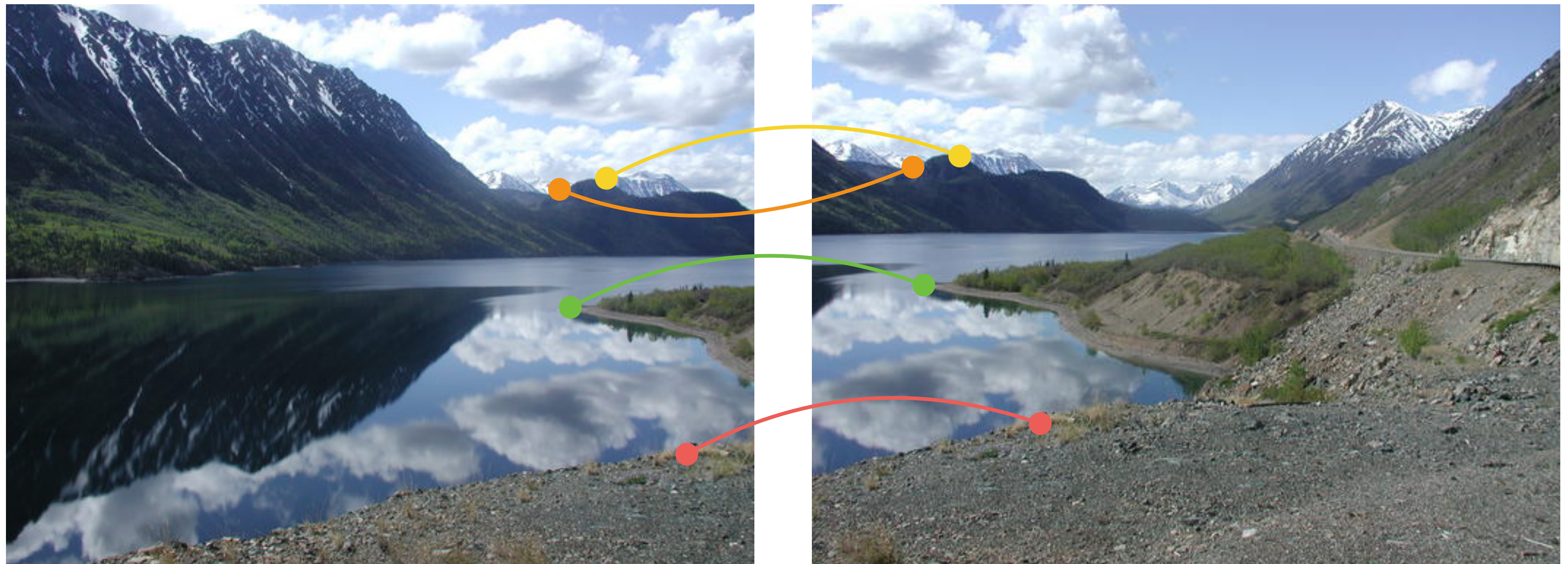
Bien que cette stratégie puisse fonctionner pour une translation (2 DDL),
c'est impensable pour le calcul d'une homographie (8 DDL)!



Comment aligner deux i

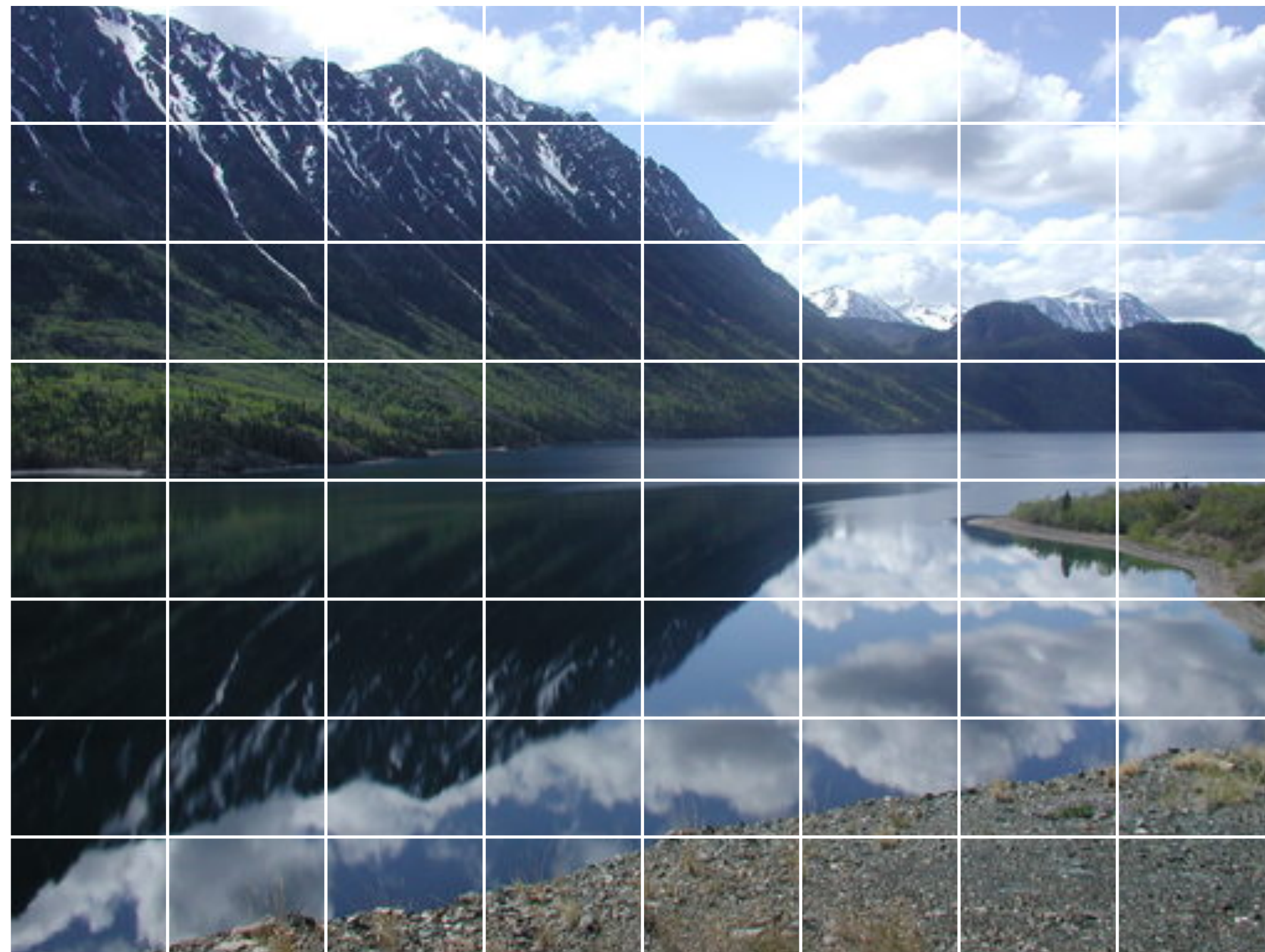
Comment déterminer ces correspondances automatiquement?

- À partir de 4 correspondances (8 points), calculer l'homographie!



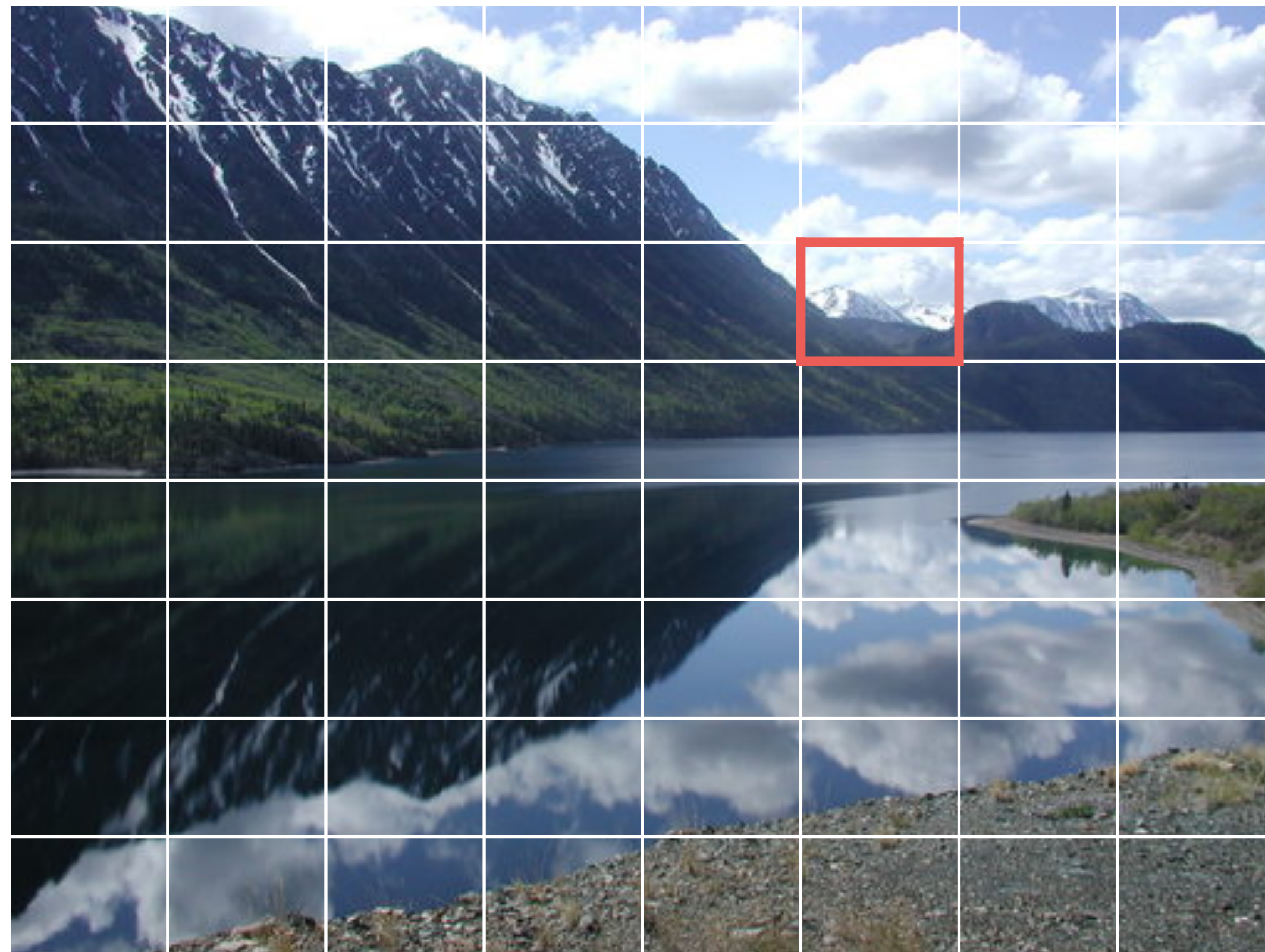
Comment aligner deux images?

- Idée :
 - subdiviser l'image en petits blocs
 - effectuer une recherche en translation pour chaque bloc



Comment aligner deux images?

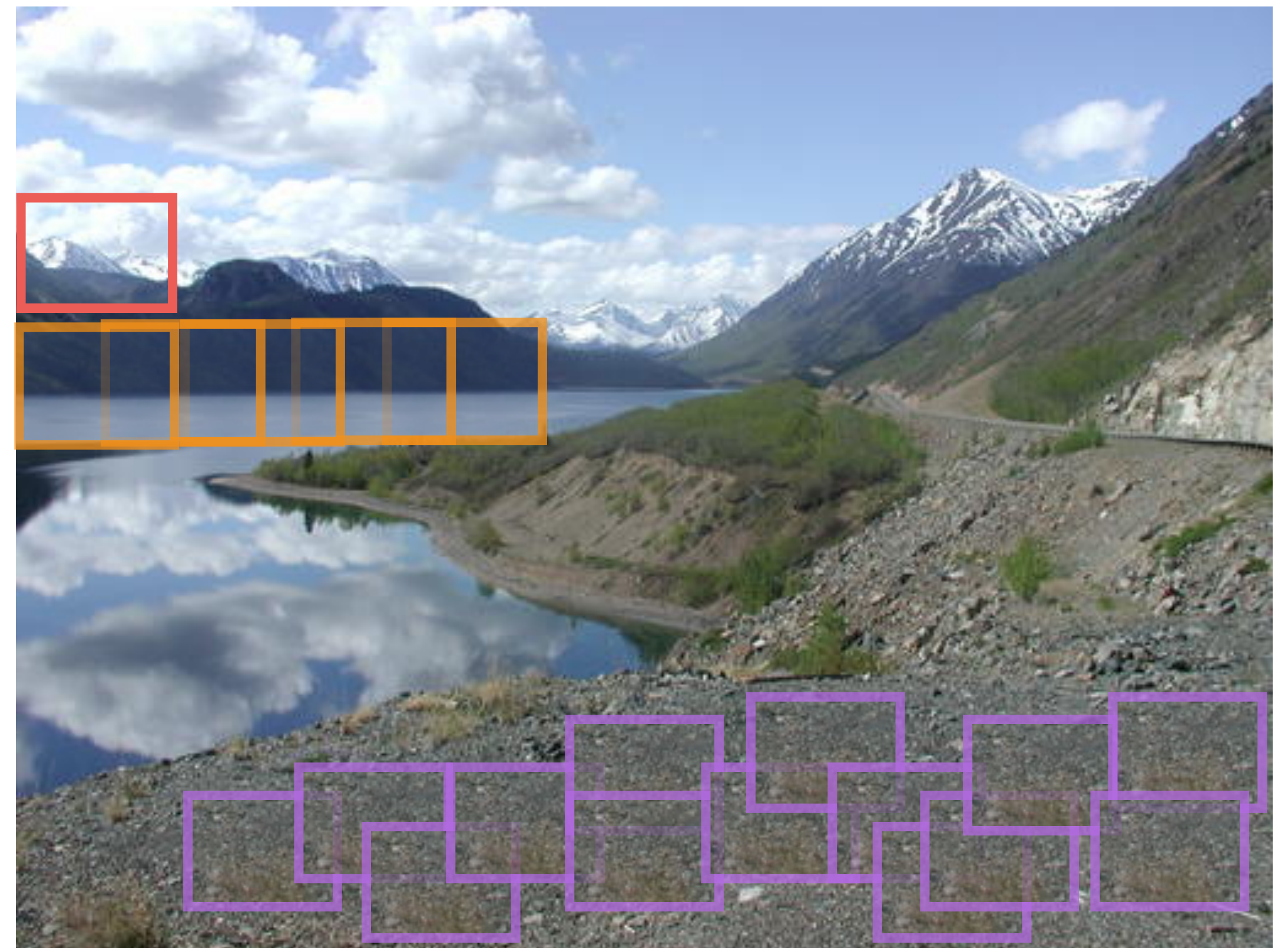
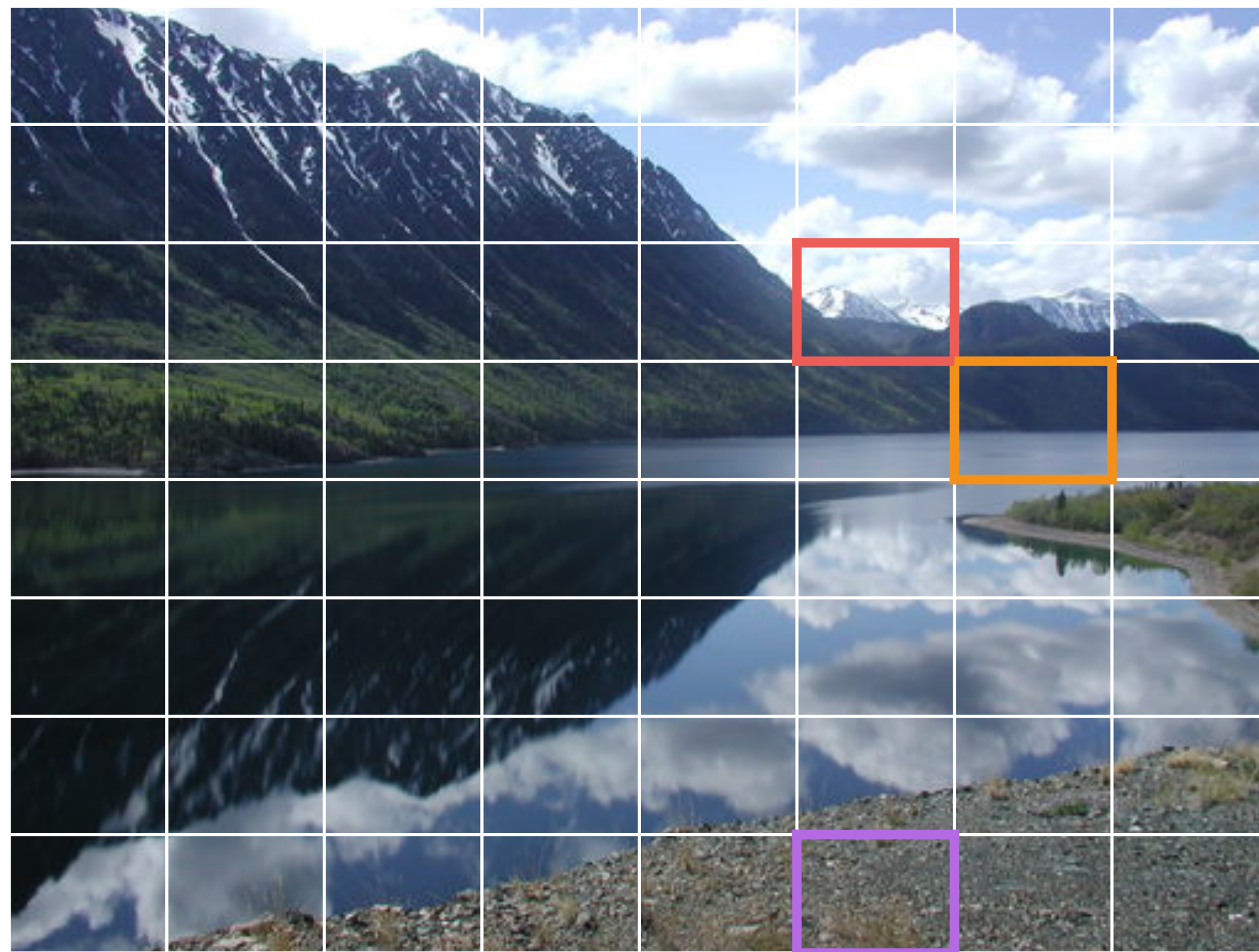
- Idée :
 - subdiviser l'image en petits blocs
 - effectuer une recherche en translation pour chaque bloc



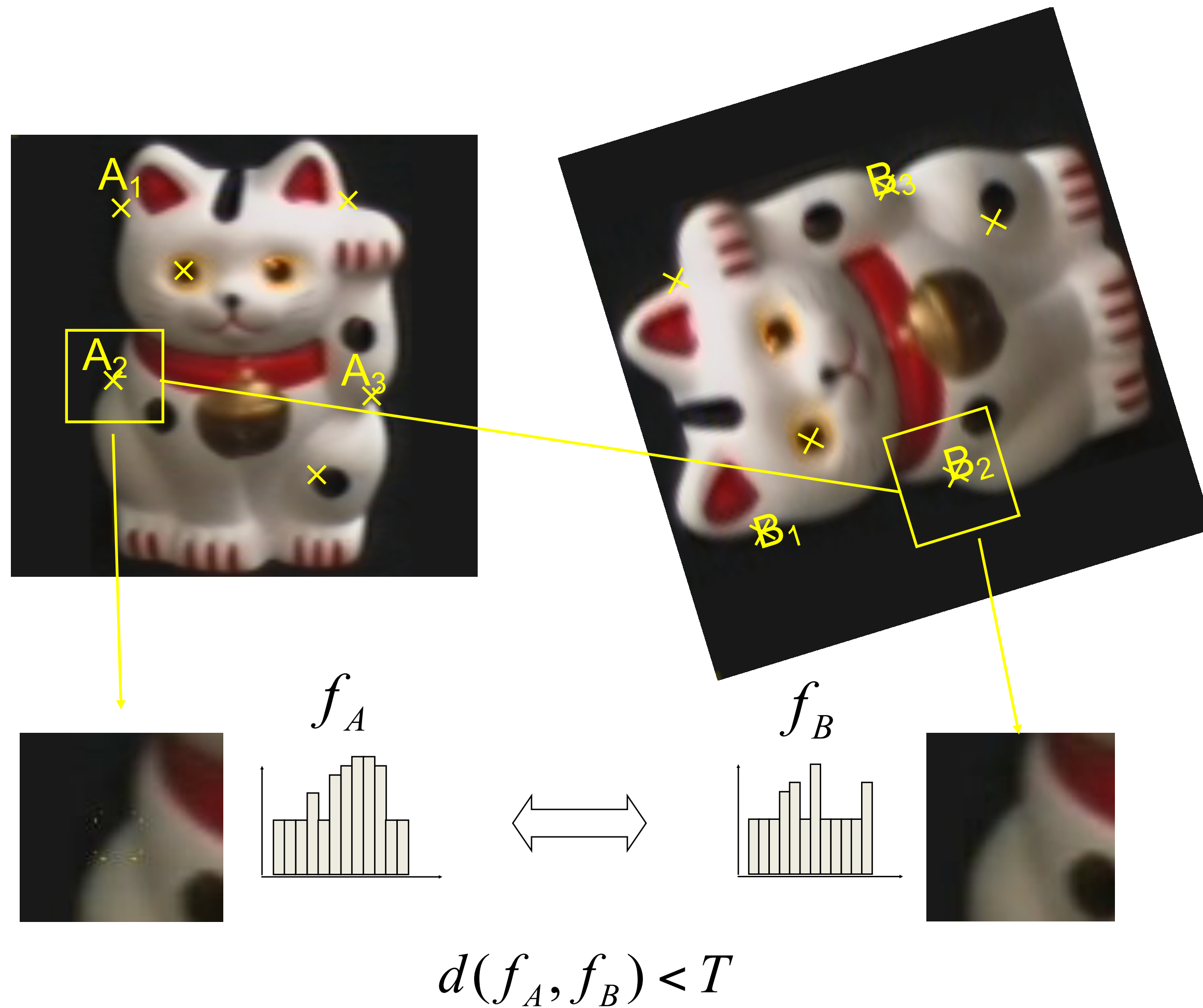
Comment aligner deux images?

- Idée :
 - subdiviser l'image en petits blocs
 - effectuer une recherche en translation pour chaque bloc

Est-ce que tous les blocs sont utiles?



Idée générale : points d'intérêt et descripteurs



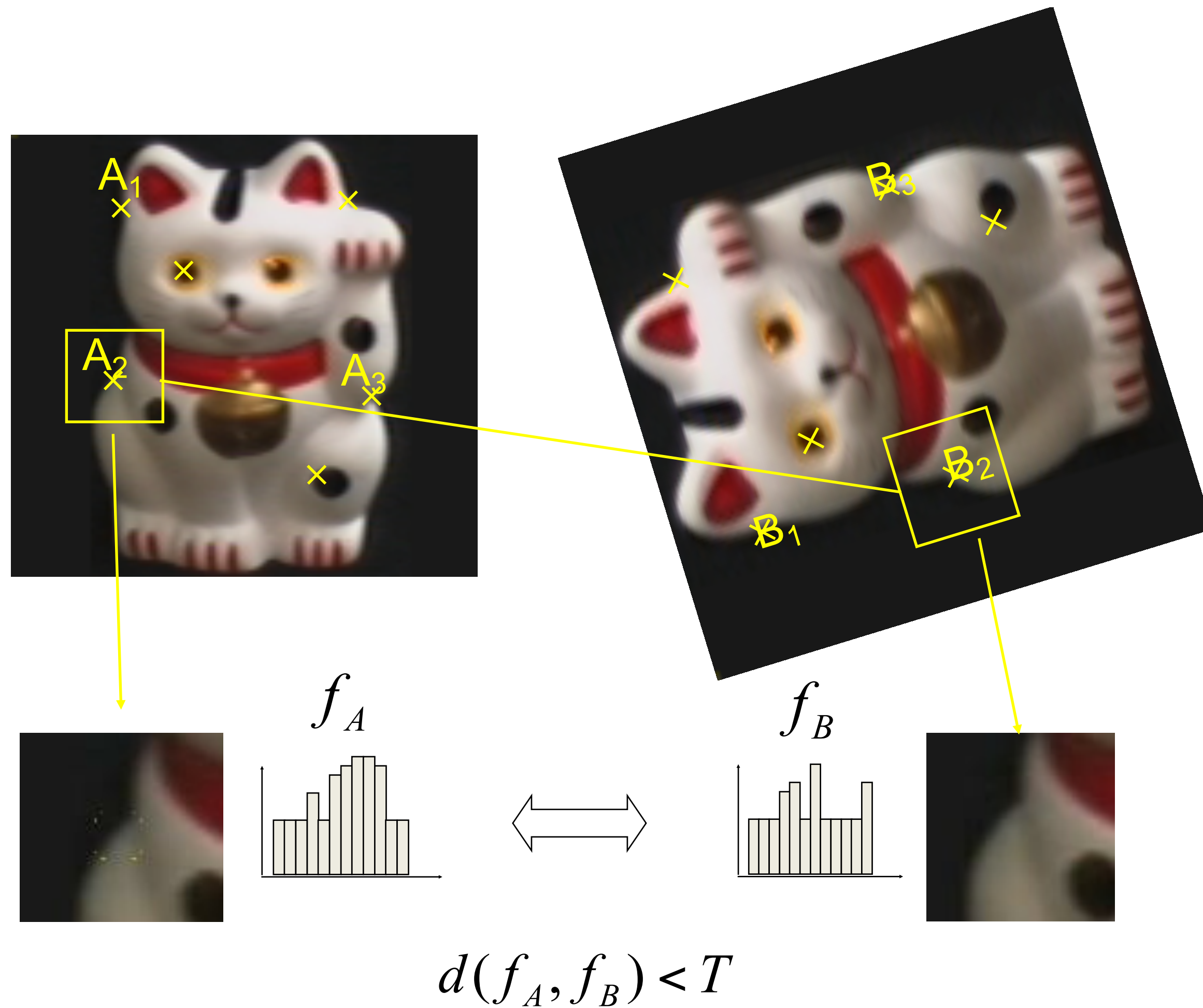
1. Trouver des points distinctifs
2. Définir une région autour de chaque point
3. Calculer un descripteur de la région
4. Apparier les descripteurs entre les 2 images (de façon robuste)

Détecteurs et descripteurs

Points d'intérêt

GIF-4105/7105 Photographie Algorithmique
Jean-François Lalonde

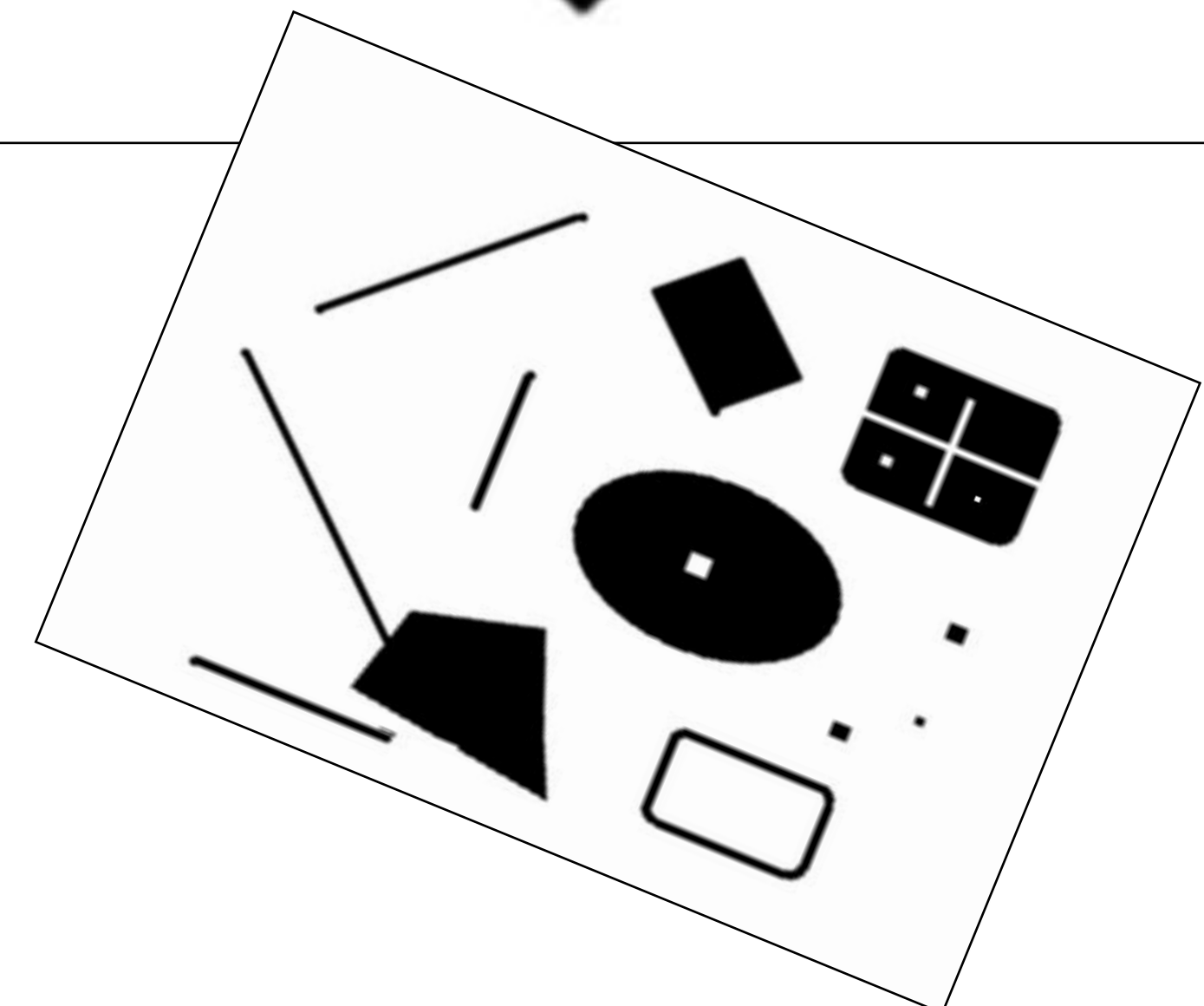
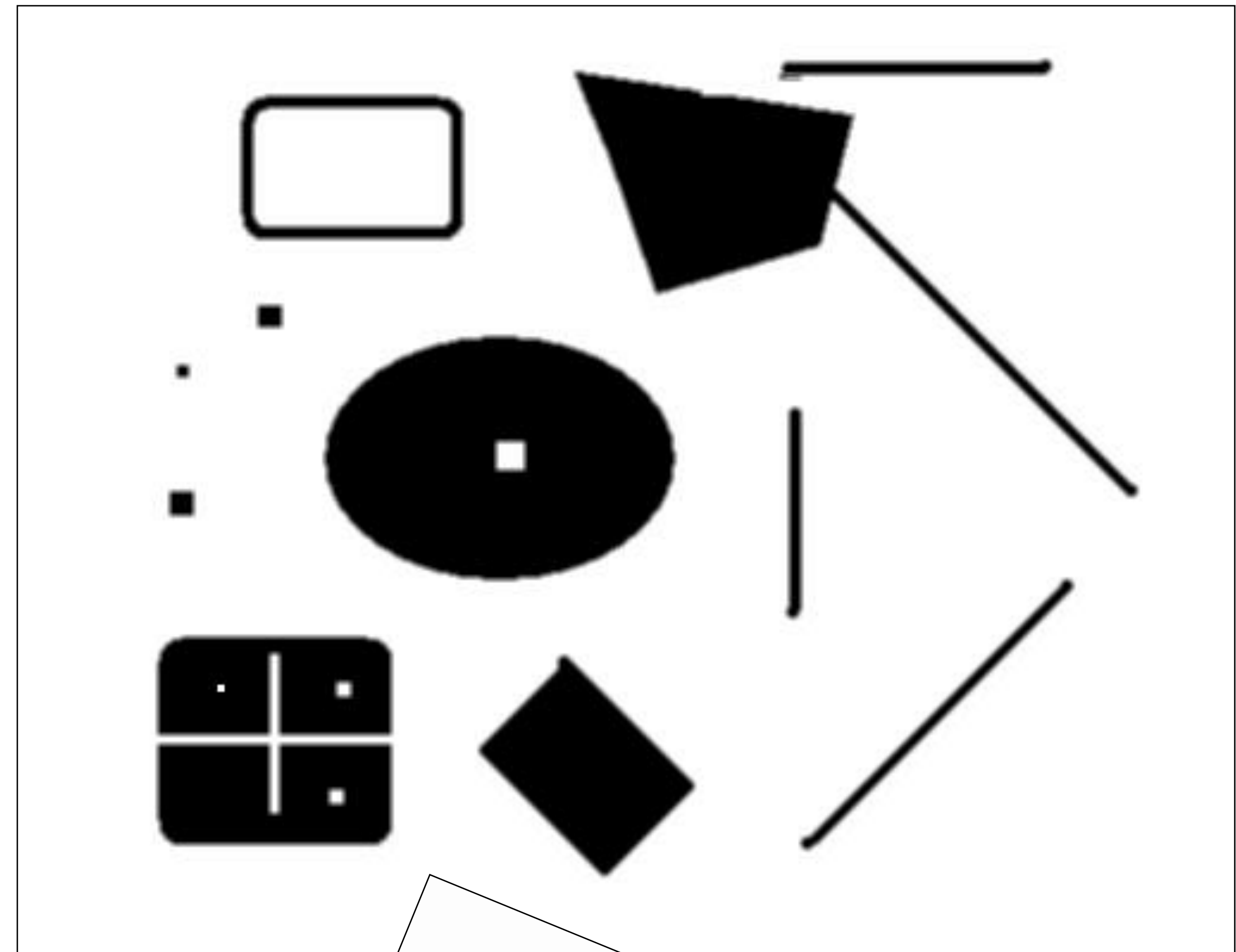
Idée générale : points d'intérêt et descripteurs



1. Trouver des points distinctifs
2. Définir une région autour de chaque point
3. Calculer un descripteur de la région
4. Apparier les descripteurs entre les 2 images (de façon robuste)

Localisation des points

- Voici une image.
- Tout à l'heure, je vous montrerai une version déformée de l'image.
- Identifiez des points sur l'image qui seront faciles à identifier lorsque l'image sera déformée.



Points d'intérêt: but

Détecter des points qui sont **représentatifs** et **distincts**



Choisir des points d'intérêt

Vous devez rencontrer un ami.
Où lui donnez-vous rendez-vous?



Choisir des points d'intérêt

Vous devez rencontrer un ami.
Où lui donnez-vous rendez-vous?

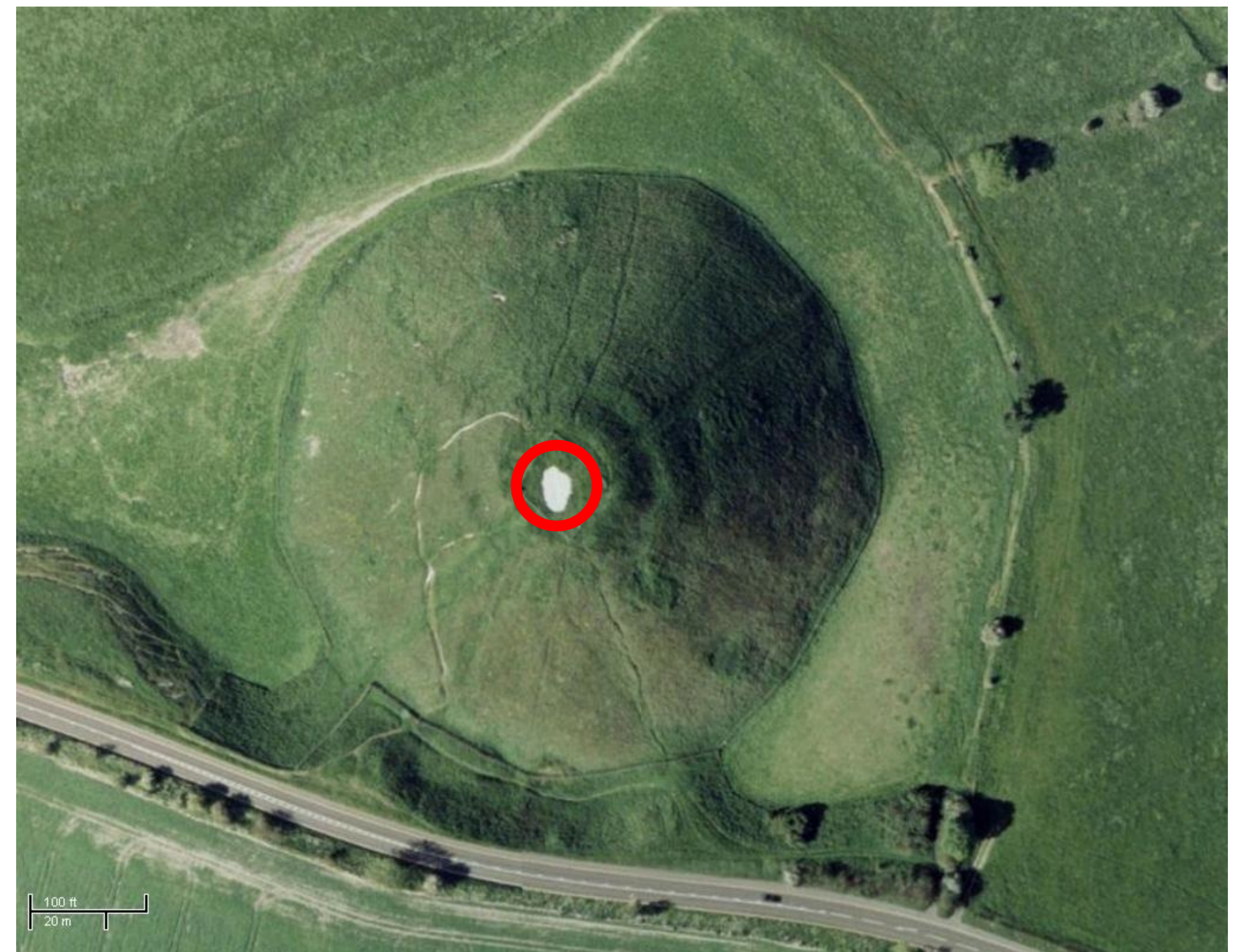


Choisir des points d'intérêt

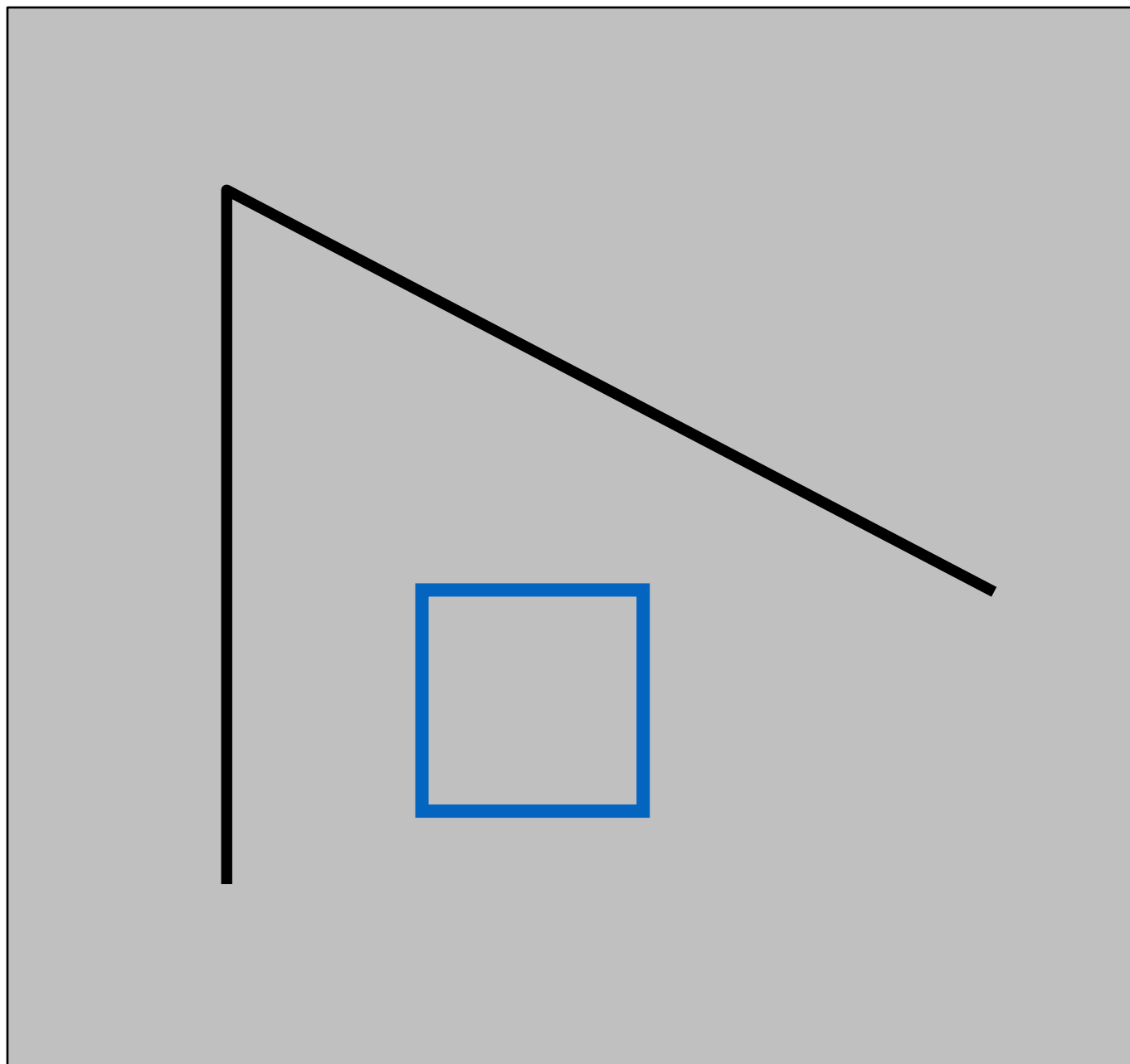
Coins



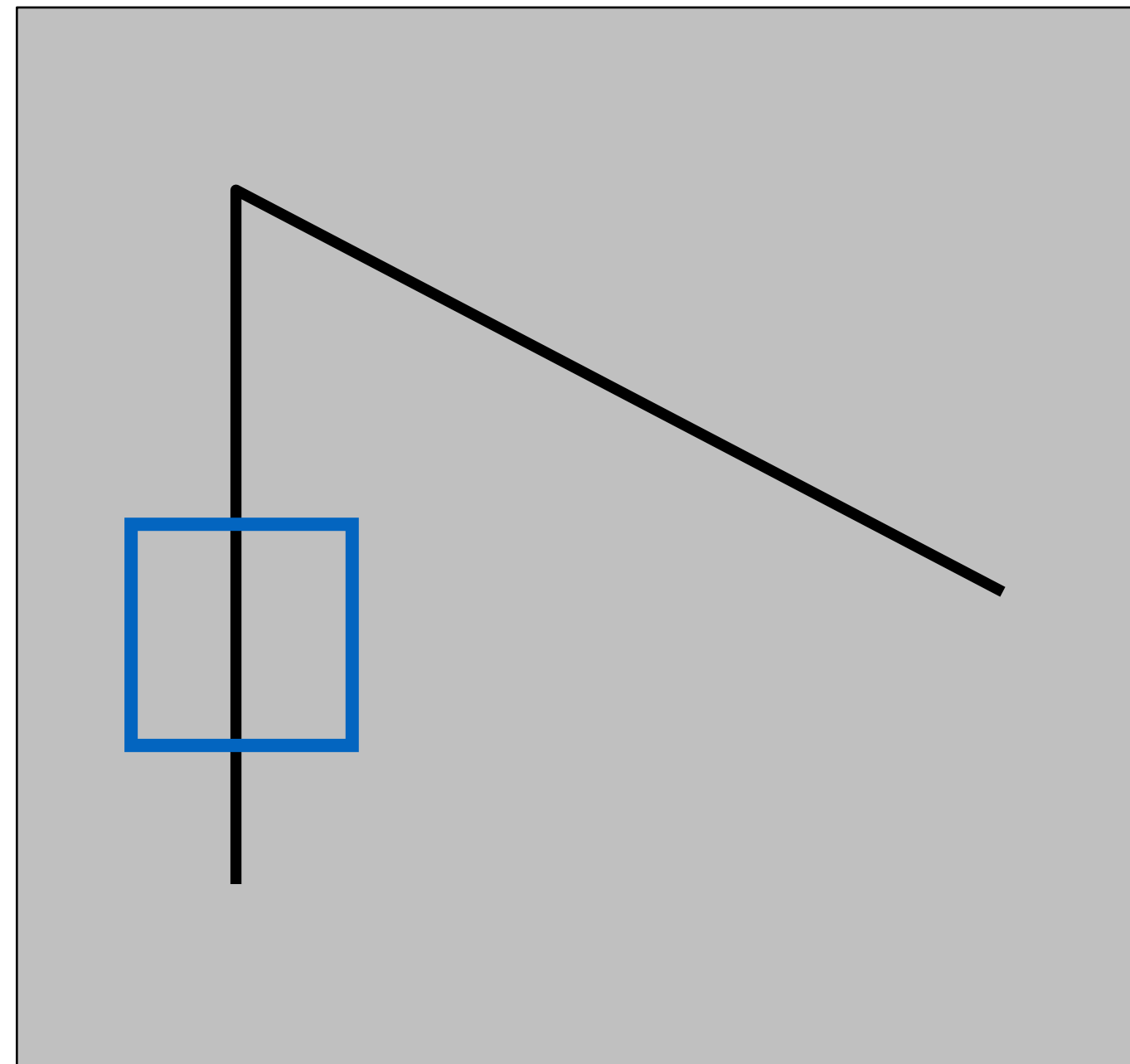
Sommets



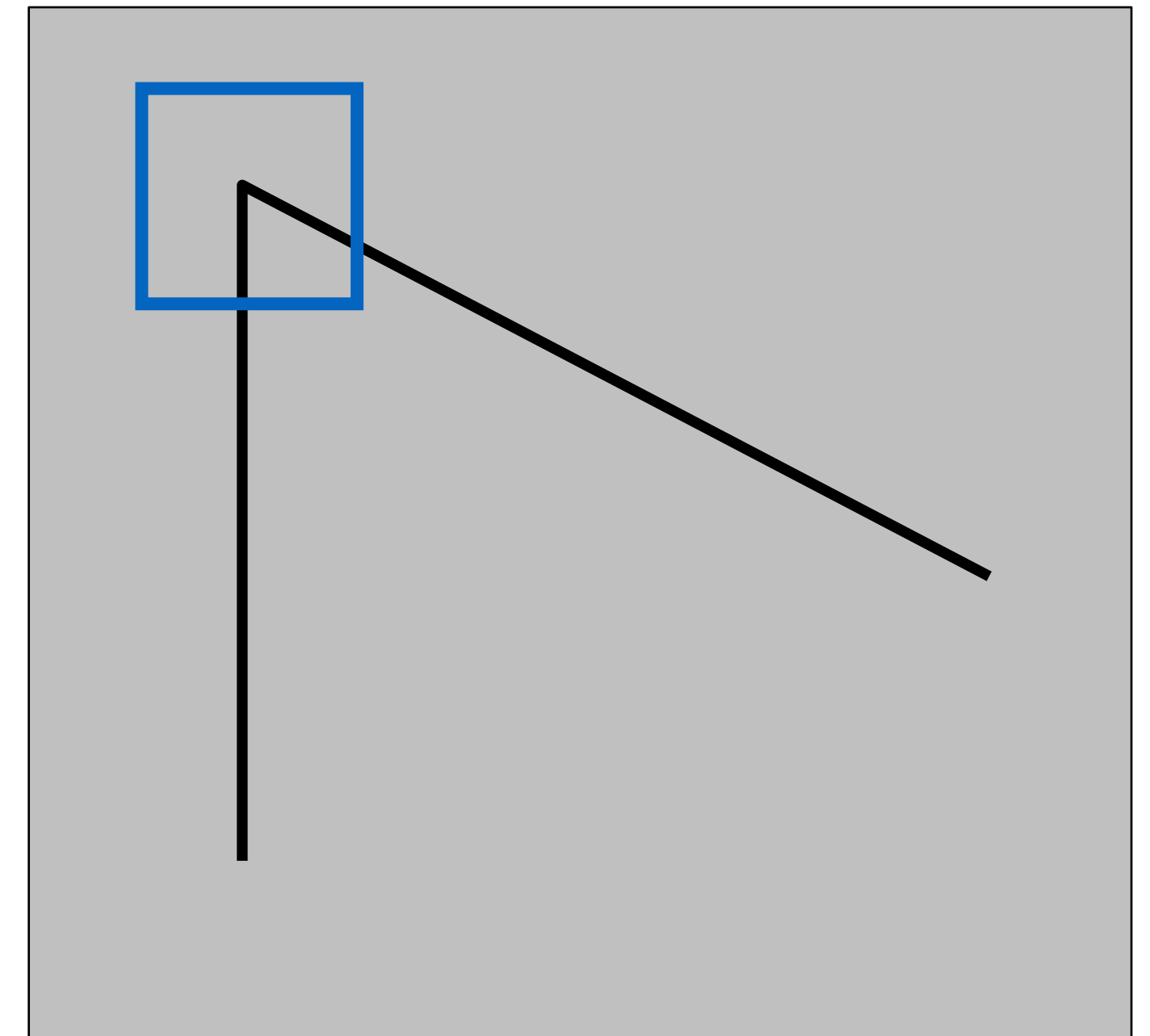
Détecteur de coins de Harris : intuition



région uniforme
aucun changement



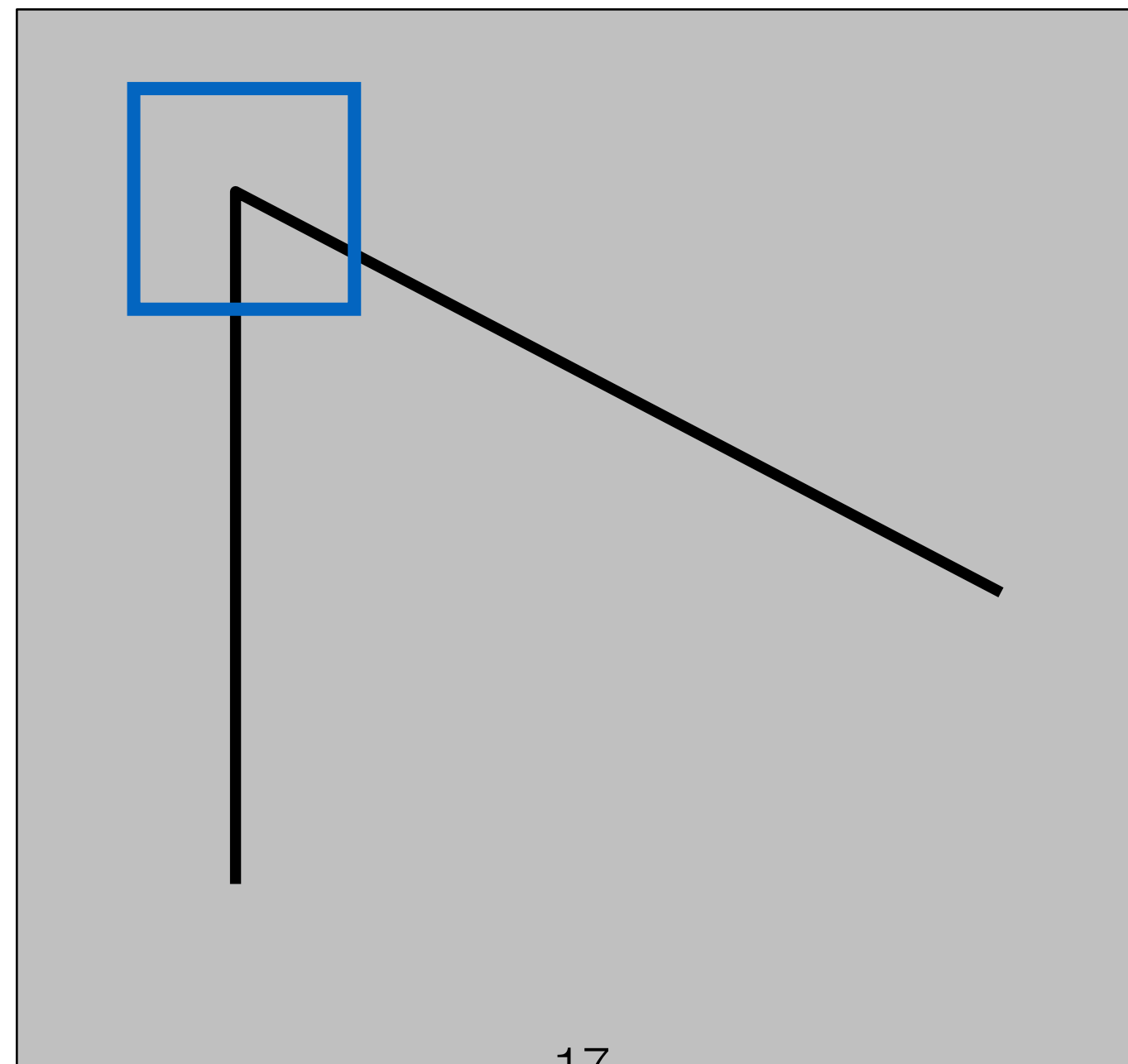
arête
pas de changement le
long de l'arête



coin
changement dans toutes
les directions

Détecteur de coins de Harris

- Nous devrions reconnaître le point en considérant seulement une petite fenêtre autour du point ;
- Si on déplace la fenêtre dans n'importe quelle direction, le changement d'intensité devrait être important.

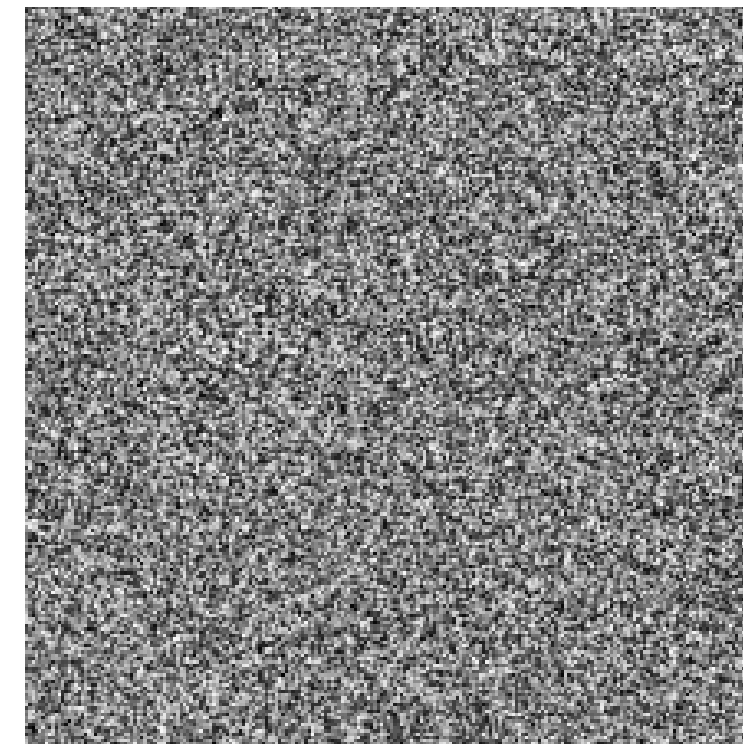


Détecteur de coins de Harris

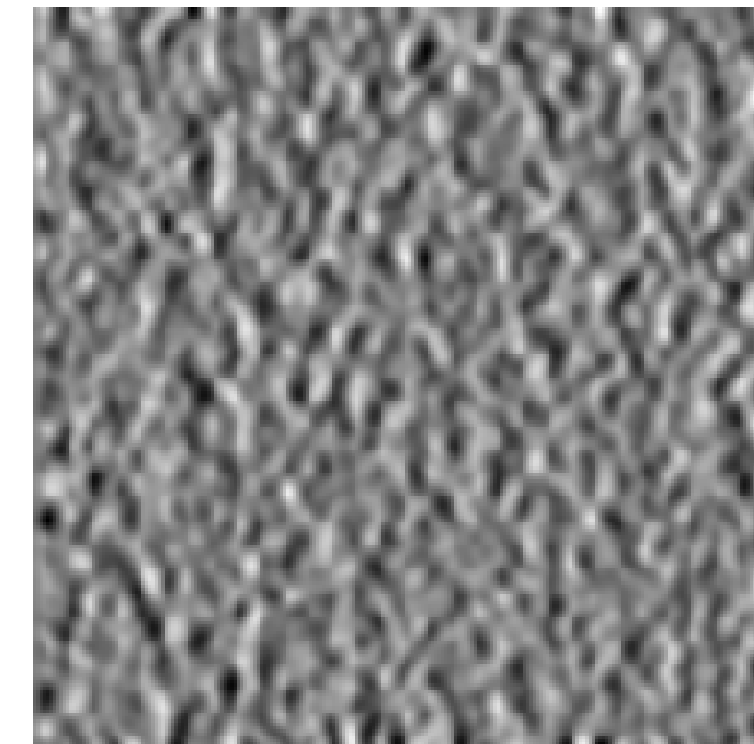
- Intuition : les valeurs propres de la matrice de covariance des gradients d'une fenêtre de l'image capture le niveau de variation dans cette fenêtre

$$\mathbf{M} = \begin{bmatrix} \sum g_x^2 & \sum g_x g_y \\ \sum g_x g_y & \sum g_y^2 \end{bmatrix}$$

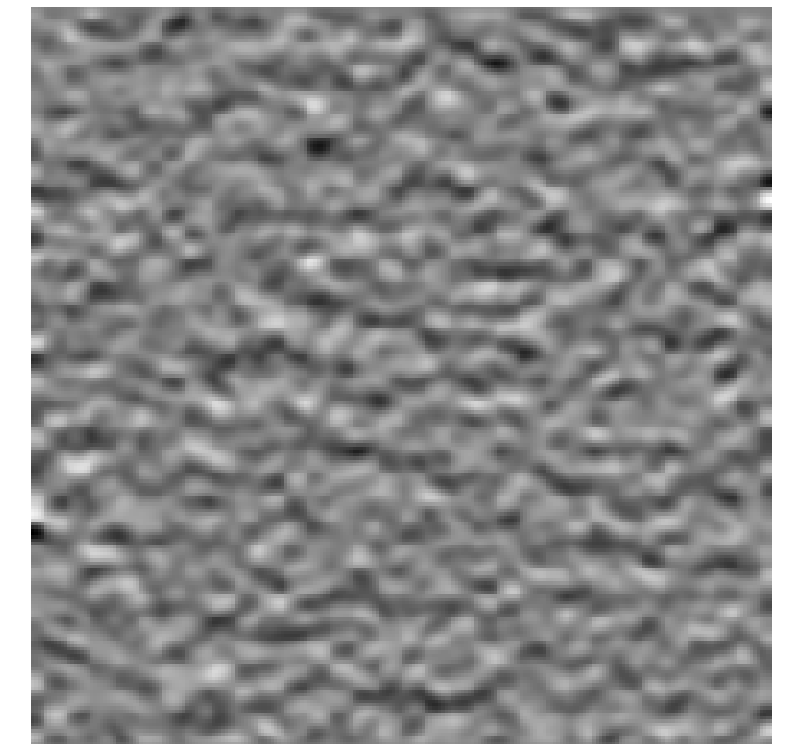
fenêtre



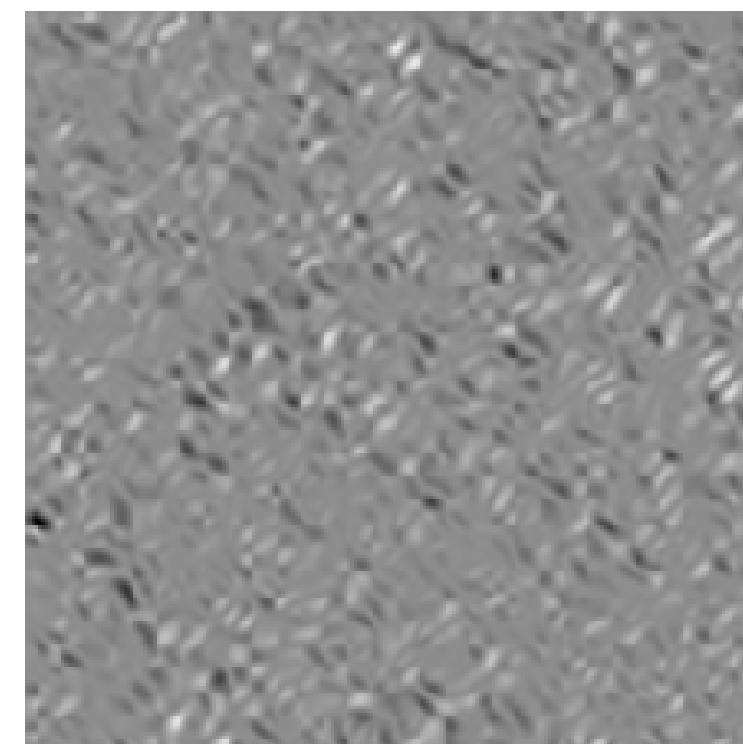
gx



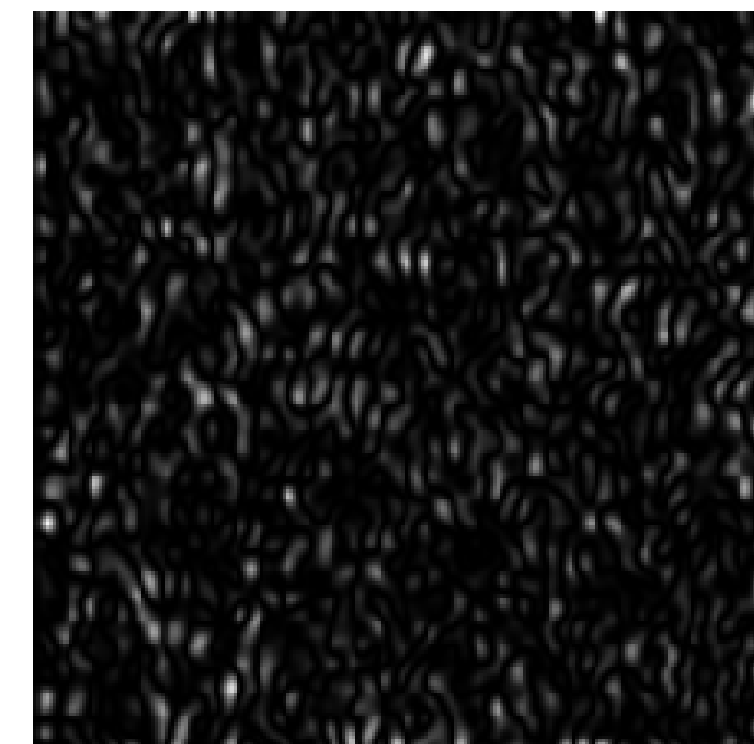
gy



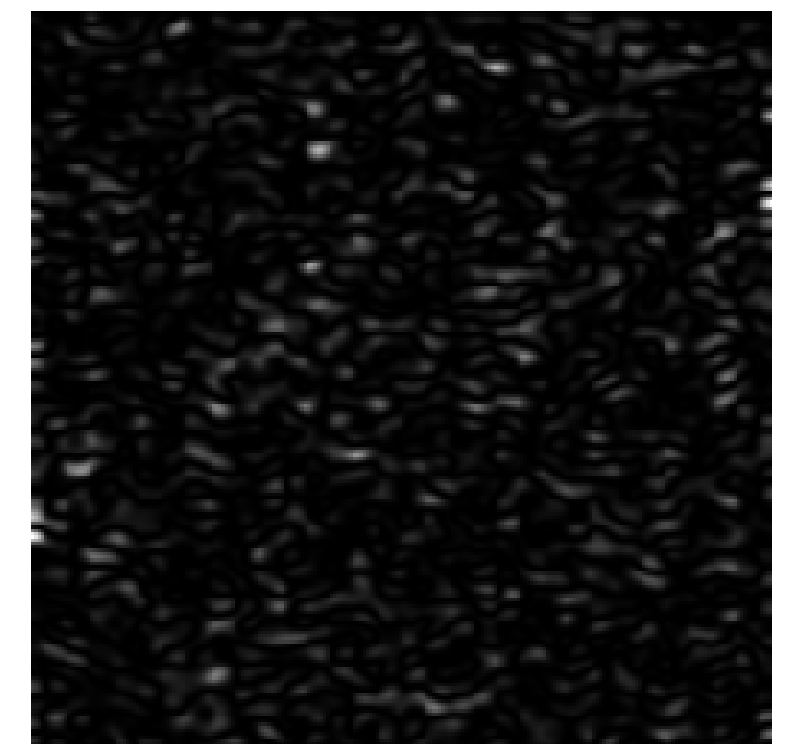
gxy



gxx



gyy

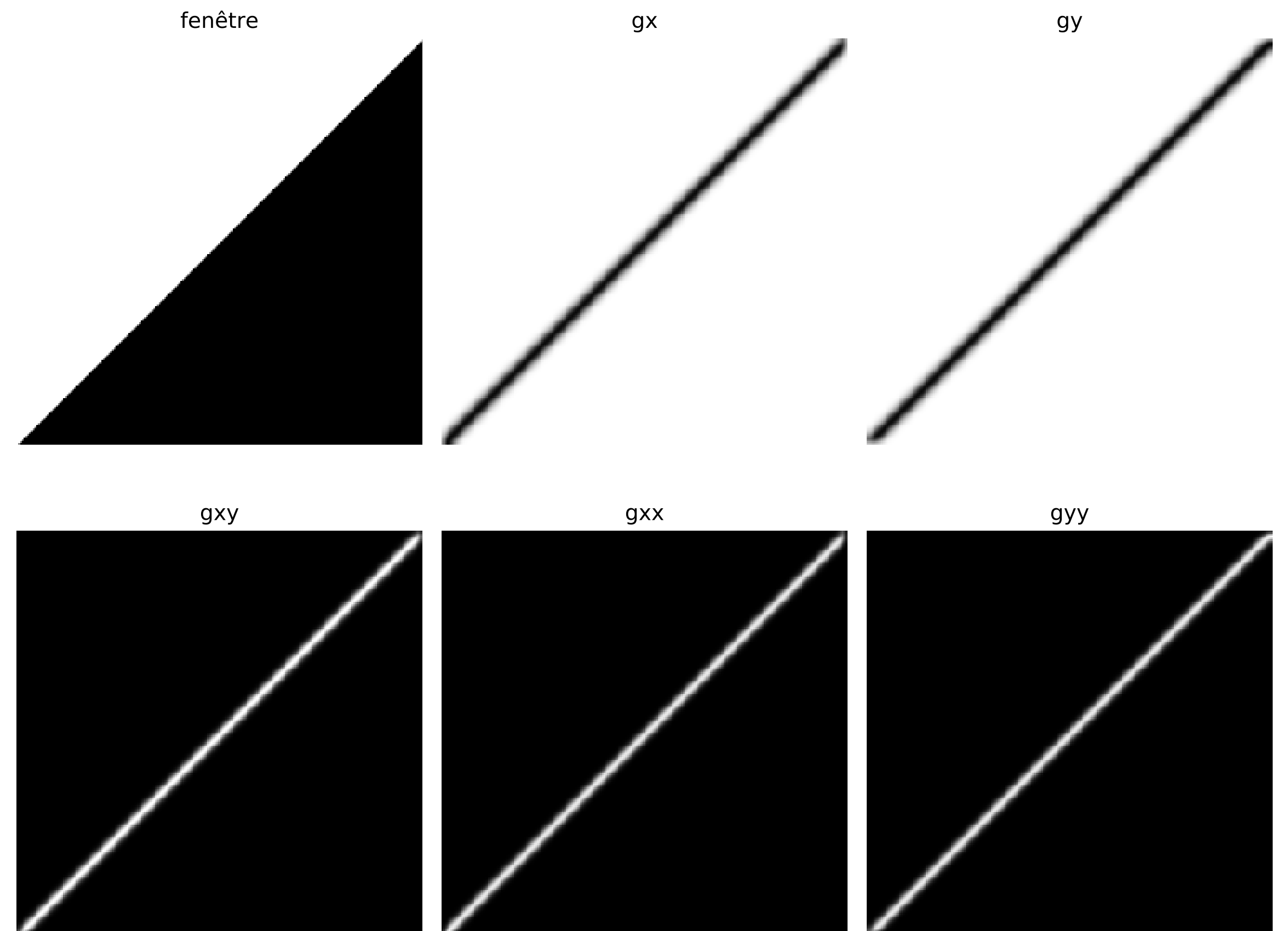


valeurs propres de $\mathbf{M}$: 2,6 et 2,5

Détecteur de coins de Harris

- Intuition : les valeurs propres de la matrice de covariance des gradients d'une fenêtre de l'image capture le niveau de variation dans cette fenêtre

$$\mathbf{M} = \begin{bmatrix} \sum g_x^2 & \sum g_x g_y \\ \sum g_x g_y & \sum g_y^2 \end{bmatrix}$$



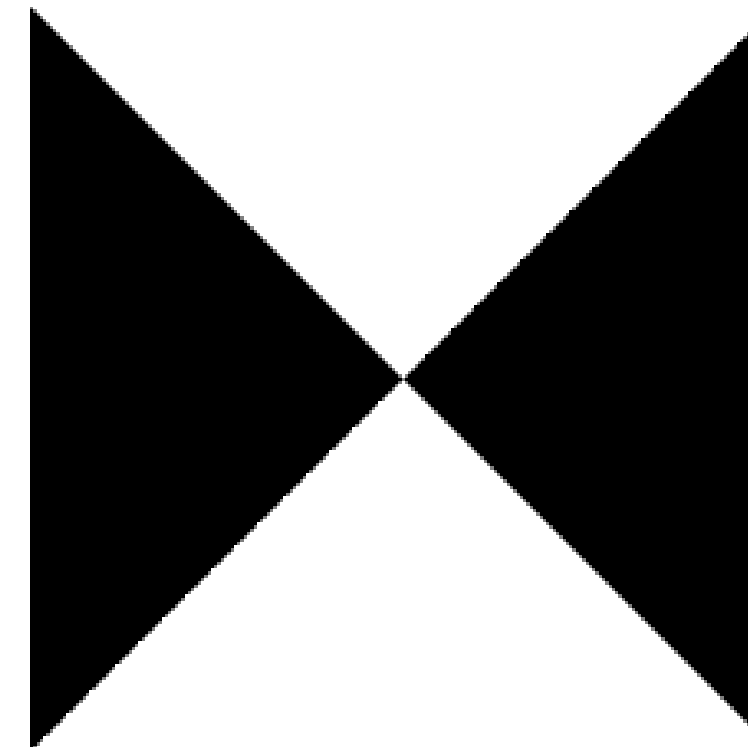
valeurs propres de $\mathbf{M}$: 0,04 et 33

Détecteur de coins de Harris

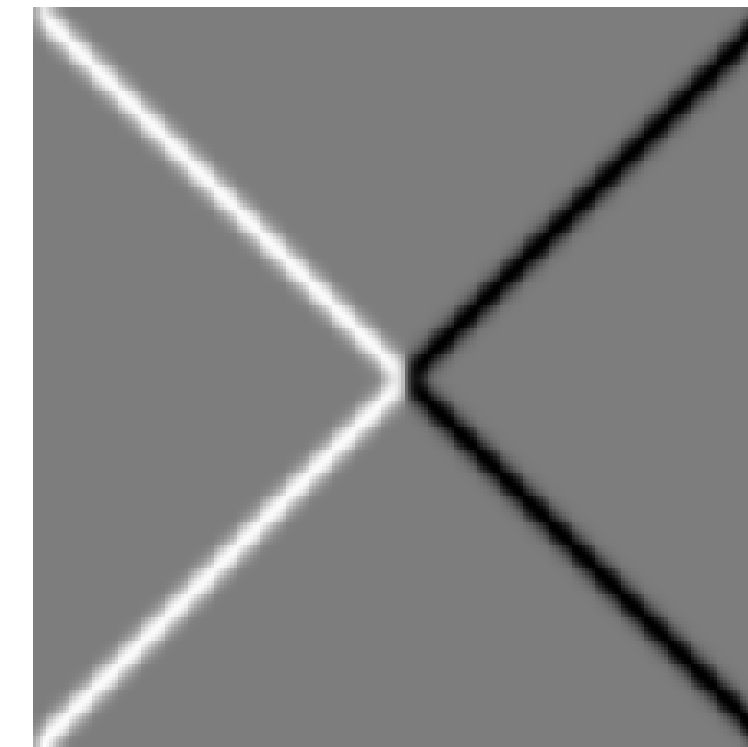
- Intuition : les valeurs propres de la matrice de covariance des gradients d'une fenêtre de l'image capture le niveau de variation dans cette fenêtre

$$\mathbf{M} = \begin{bmatrix} \sum g_x^2 & \sum g_x g_y \\ \sum g_x g_y & \sum g_y^2 \end{bmatrix}$$

fenêtre



gx



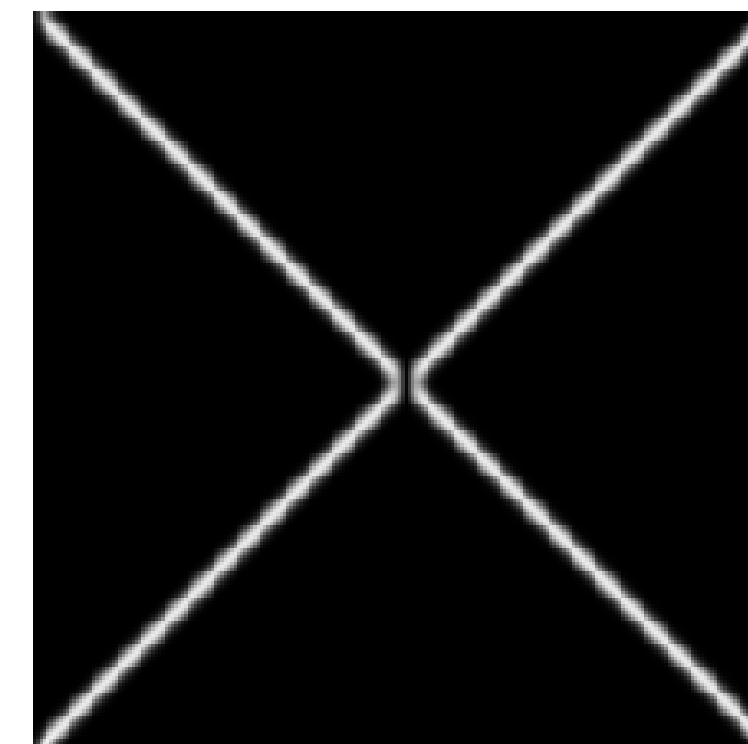
gy



gxy



gxx

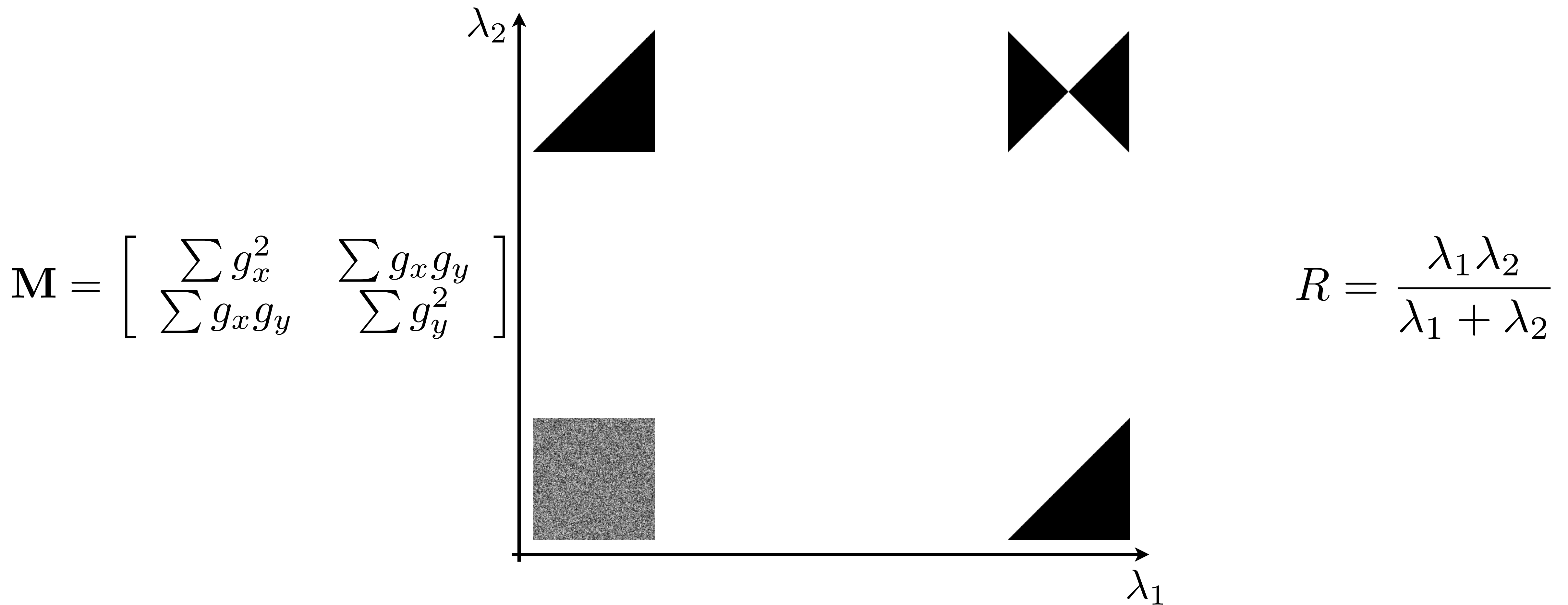


gyy



valeurs propres de $\mathbf{M}$: 32,4 et 32,4

Interprétation des valeurs propres



Détecteur de Harris : math

Rappel

$$\det \mathbf{M} = \lambda_1 \lambda_2$$

$$\text{tr} = \lambda_1 + \lambda_2$$

En pratique, nous n'avons pas besoin de calculer les valeurs propres

$$\mathbf{M} = \begin{bmatrix} \sum g_x^2 & \sum g_x g_y \\ \sum g_x g_y & \sum g_y^2 \end{bmatrix}$$

$$R = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_1 + \lambda_2}$$

$$R = \frac{\det \mathbf{M}}{\text{tr} \mathbf{M}}$$

$$\det \mathbf{M} = m_{11}m_{22} - m_{21}m_{12}$$

$$\text{tr} \mathbf{M} = m_{11} + m_{22}$$

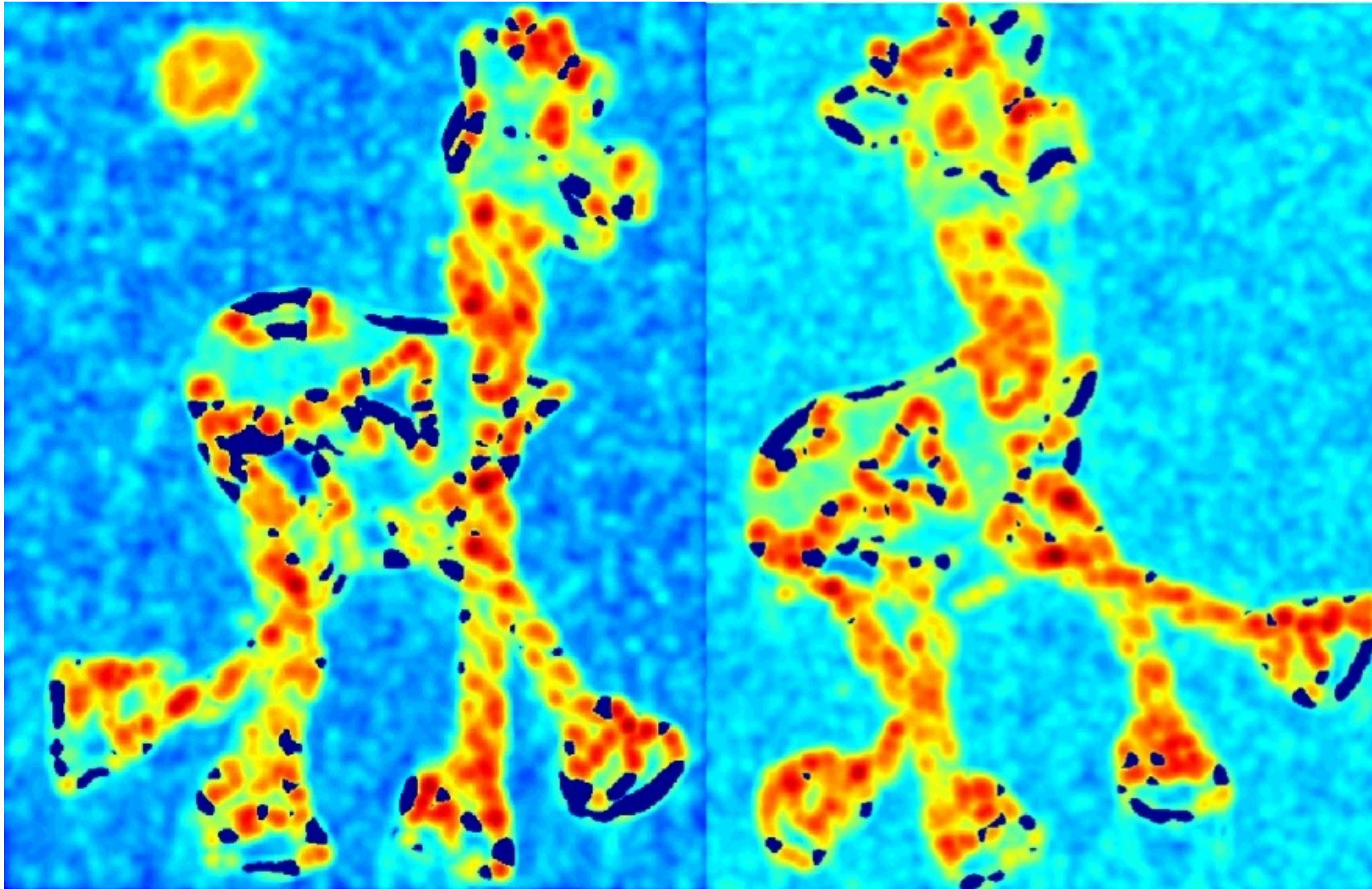
Algorithme

- Calculer R pour tous les points dans l'image
- Appliquer : $R > \text{seuil}$
- Retenir les maximums locaux seulement

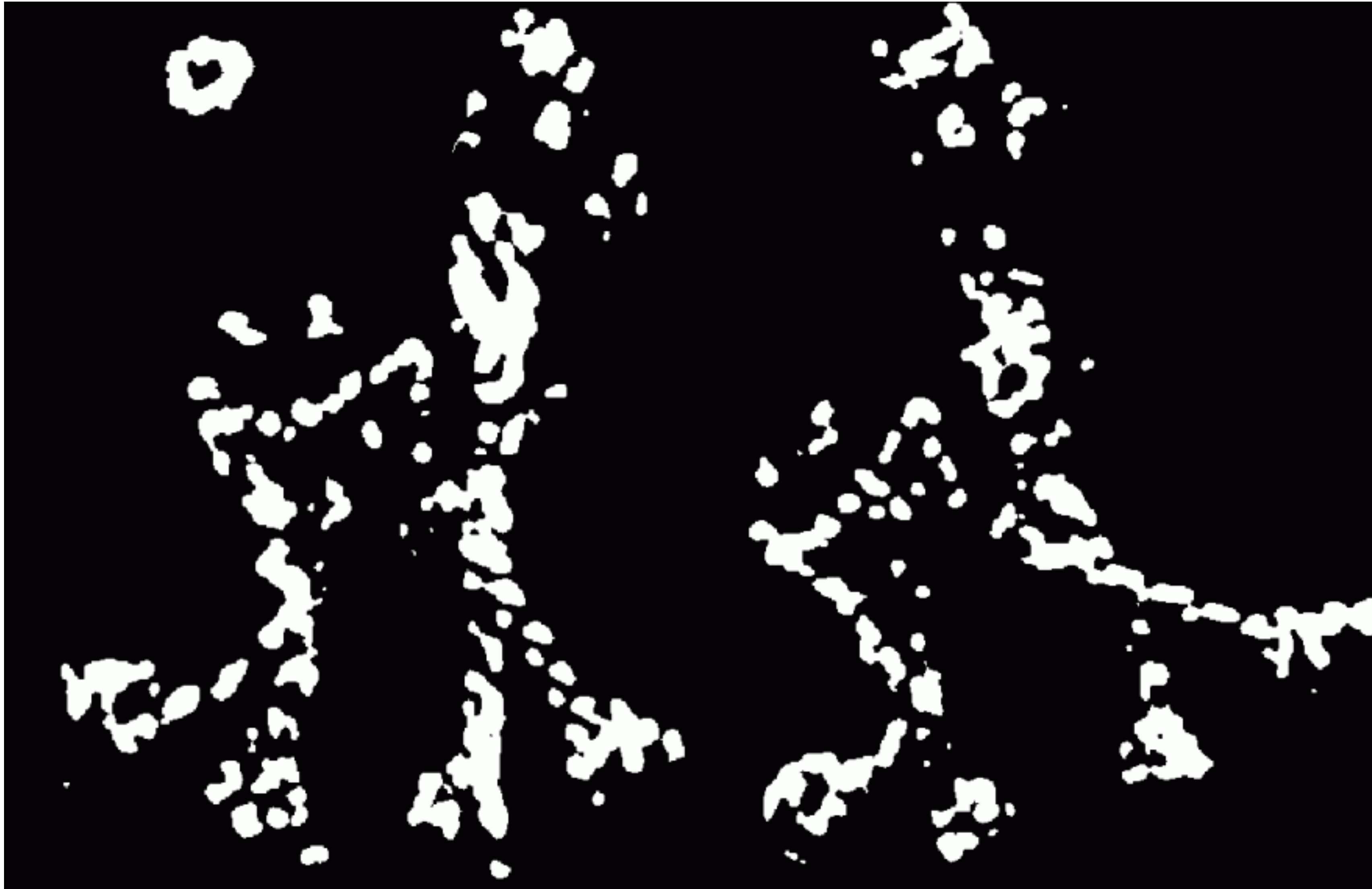
Exemple : images



Exemple : calculer R



Exemple : appliquer $R > \text{seuil}$



Exemple : maximum locaux

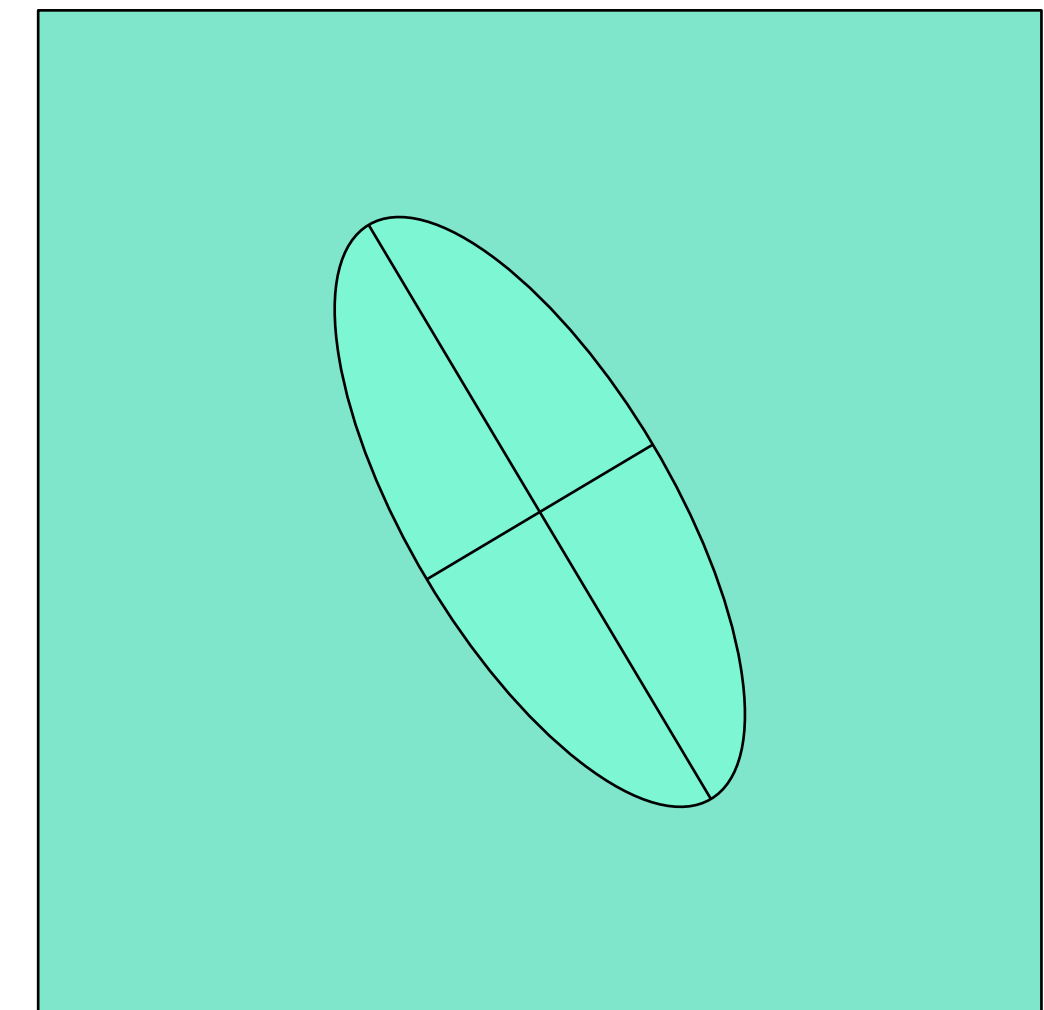
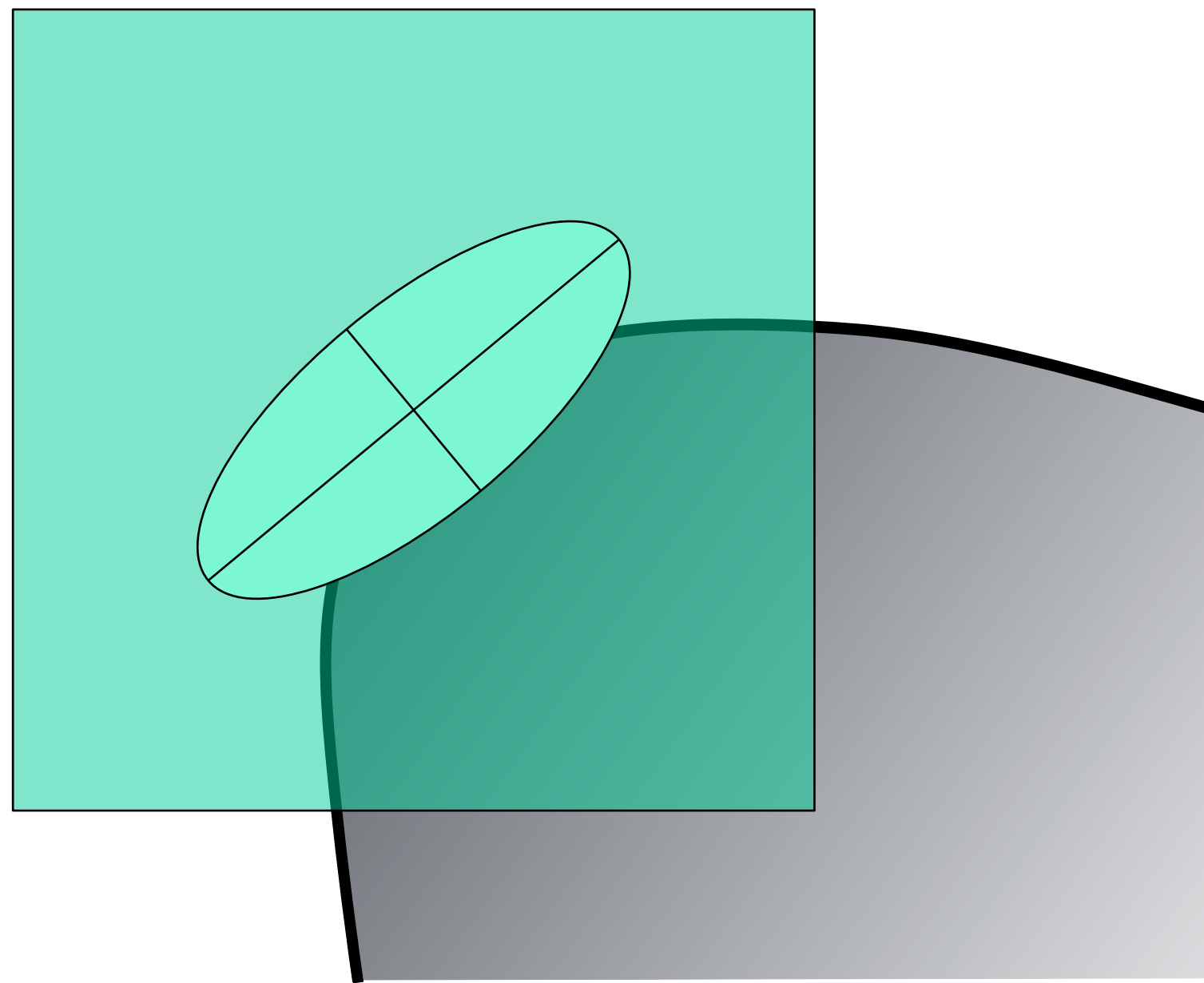


Exemple : résultats!



Détecteur de Harris : propriétés

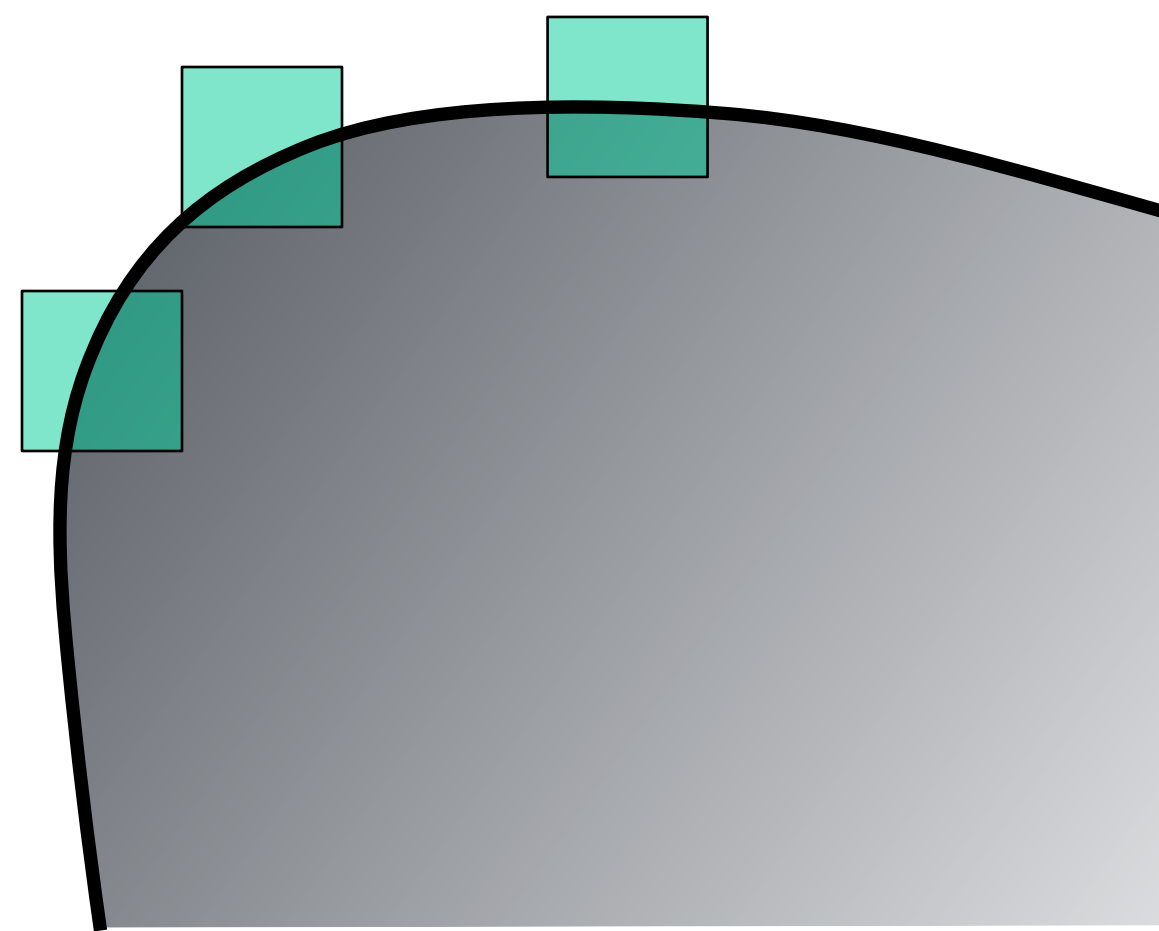
- Invariance à la rotation



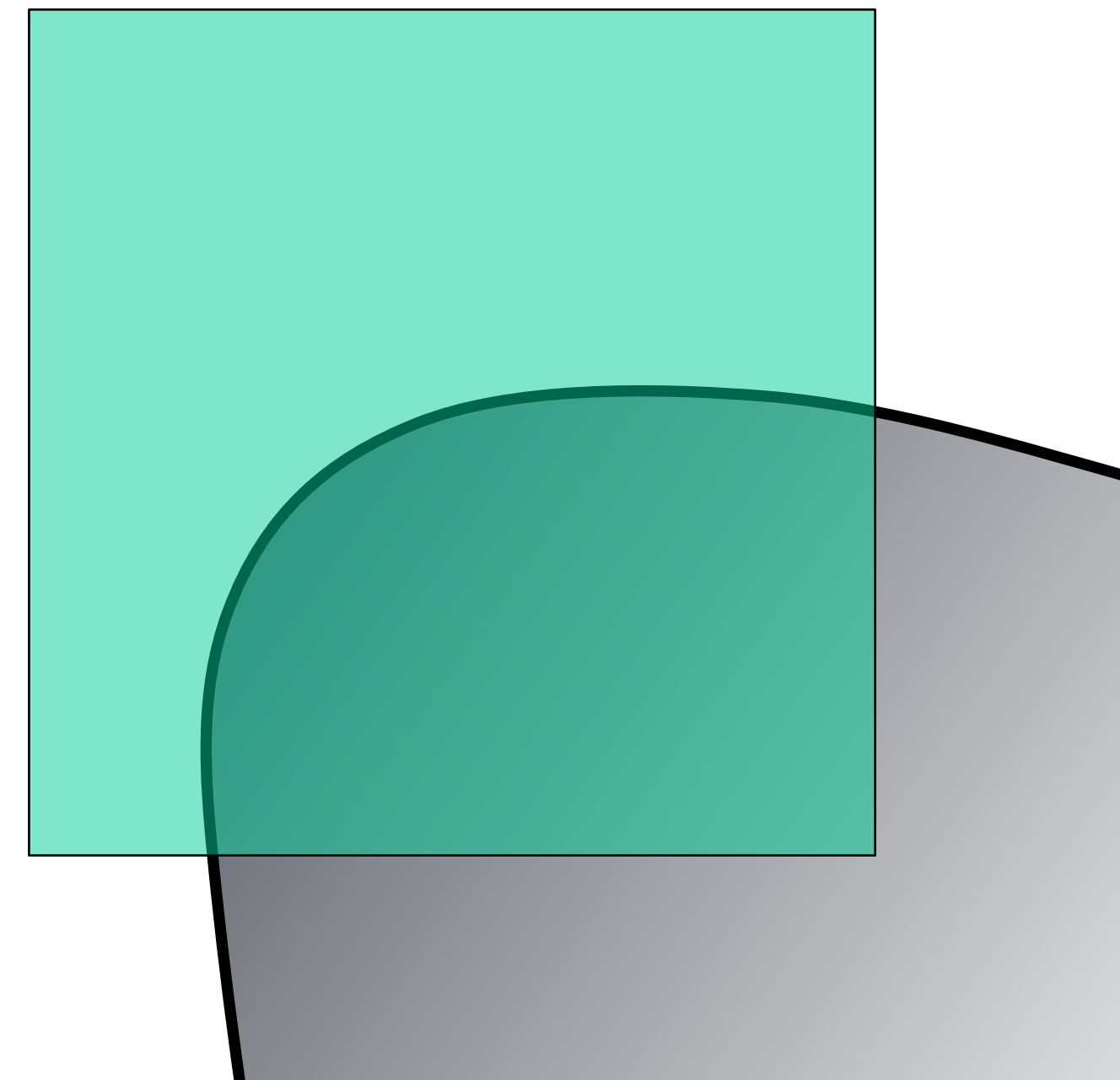
L'ellipse tourne, mais la longueur de ses axes
(valeurs propres) restent les mêmes

Détecteur Harris: propriétés

- Dépend de la taille de la fenêtre!



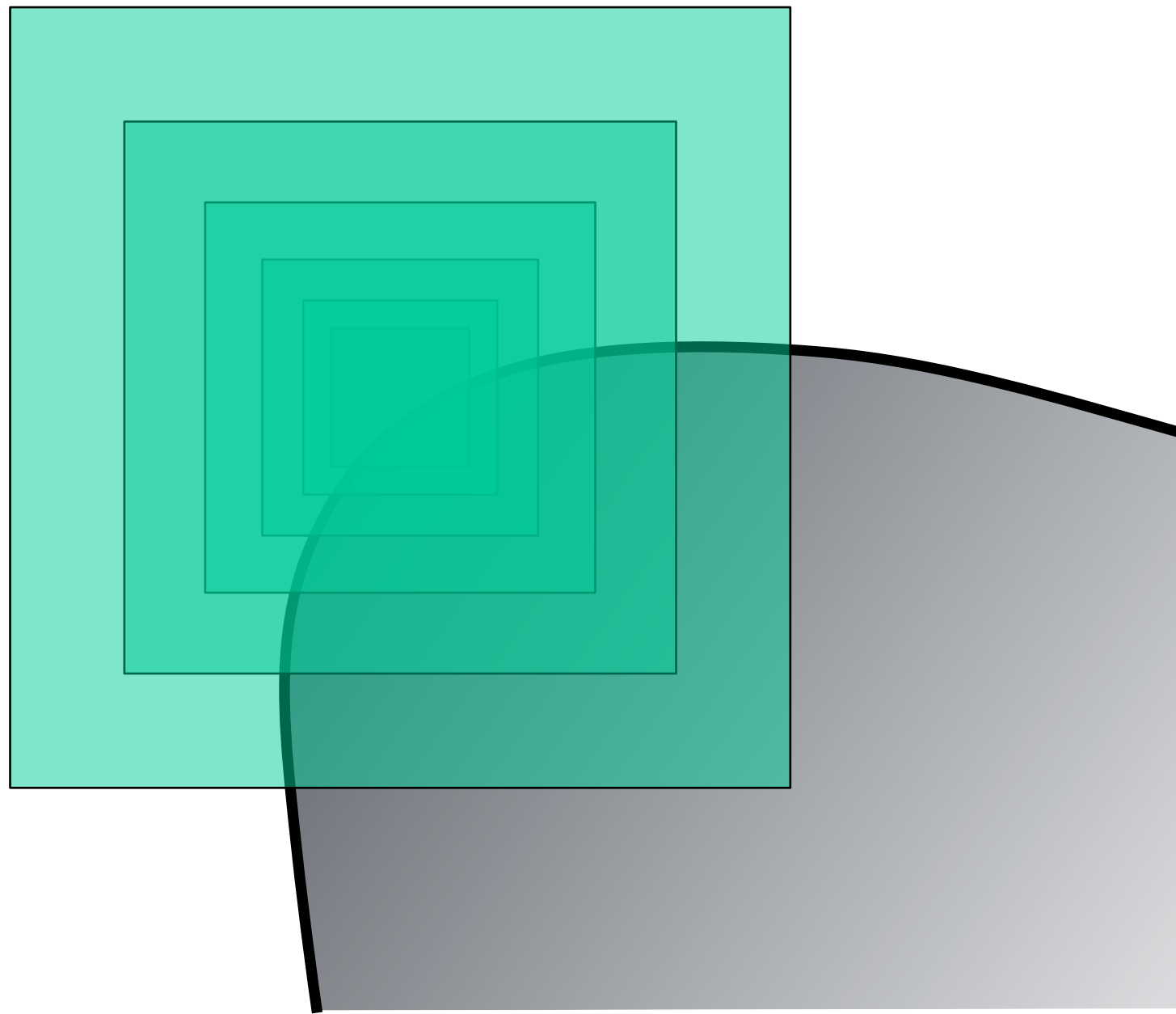
Arêtes



Coin

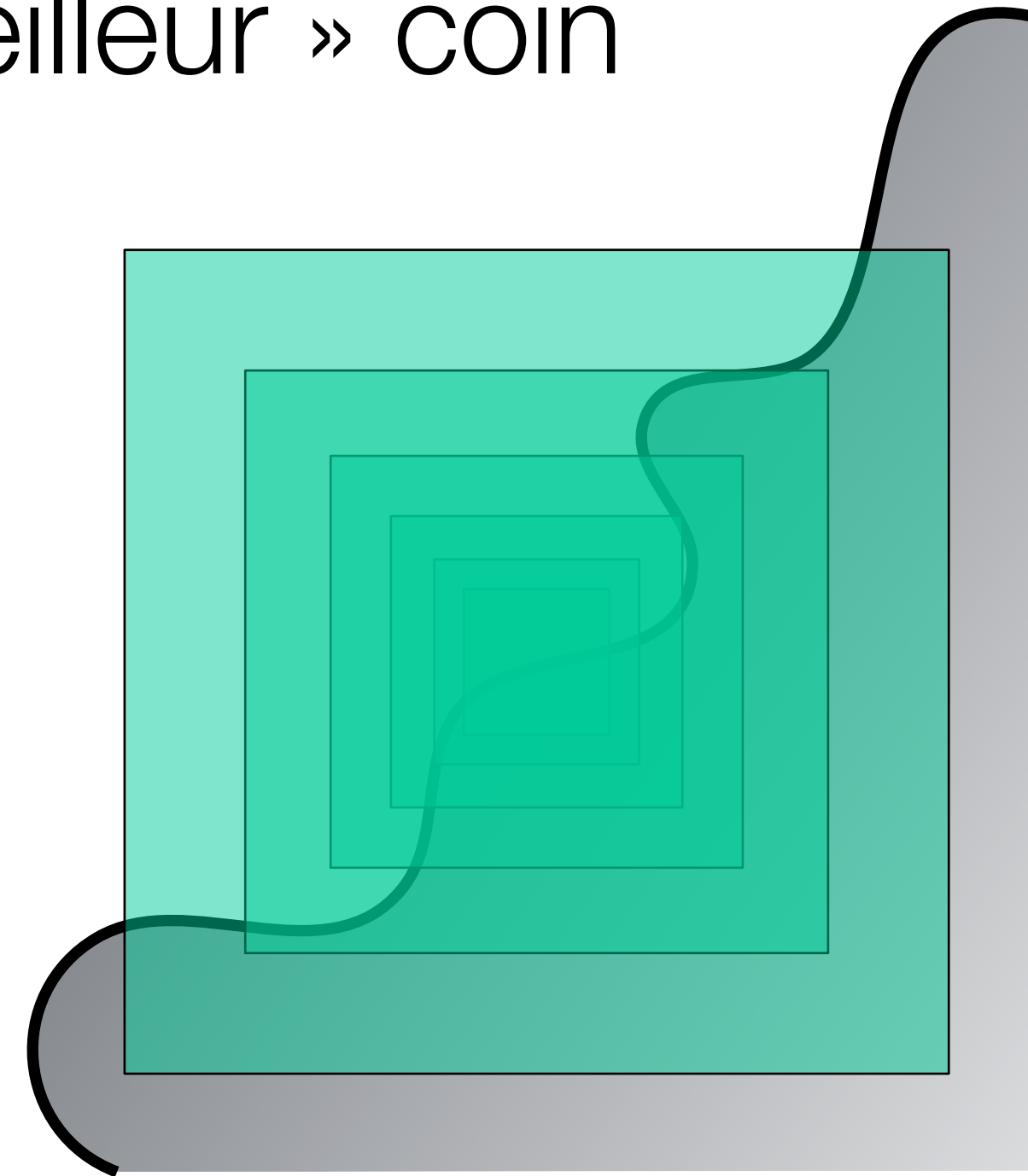
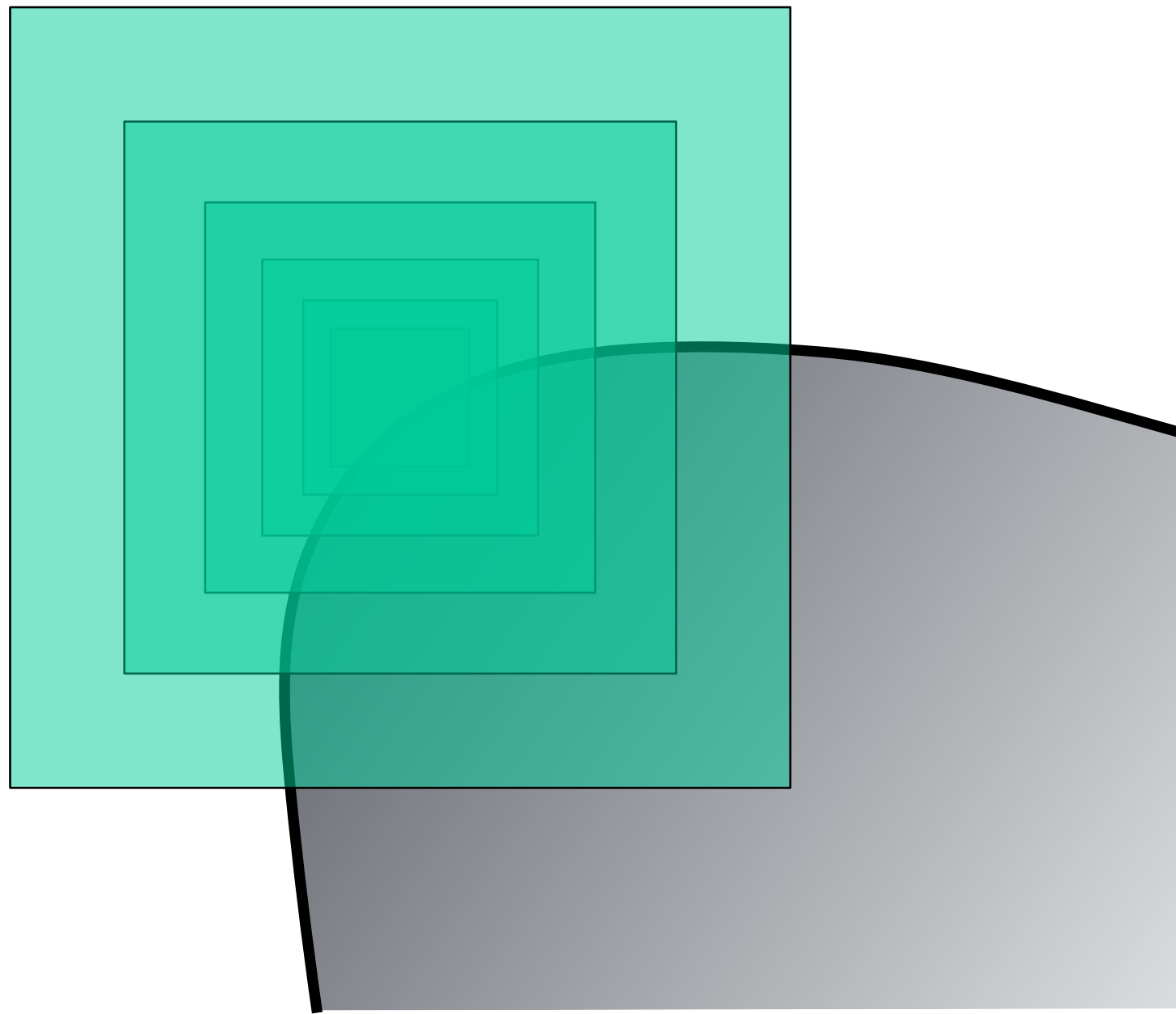
Invariance à l'échelle

- Calculer réponse sur plusieurs échelles
- Réponse est similaire même si on réduit la taille de l'image



Invariance à l'échelle

- Problème : comment déterminer la taille de la fenêtre indépendamment pour chaque image?
- Choisir la taille en fonction du « meilleur » coin

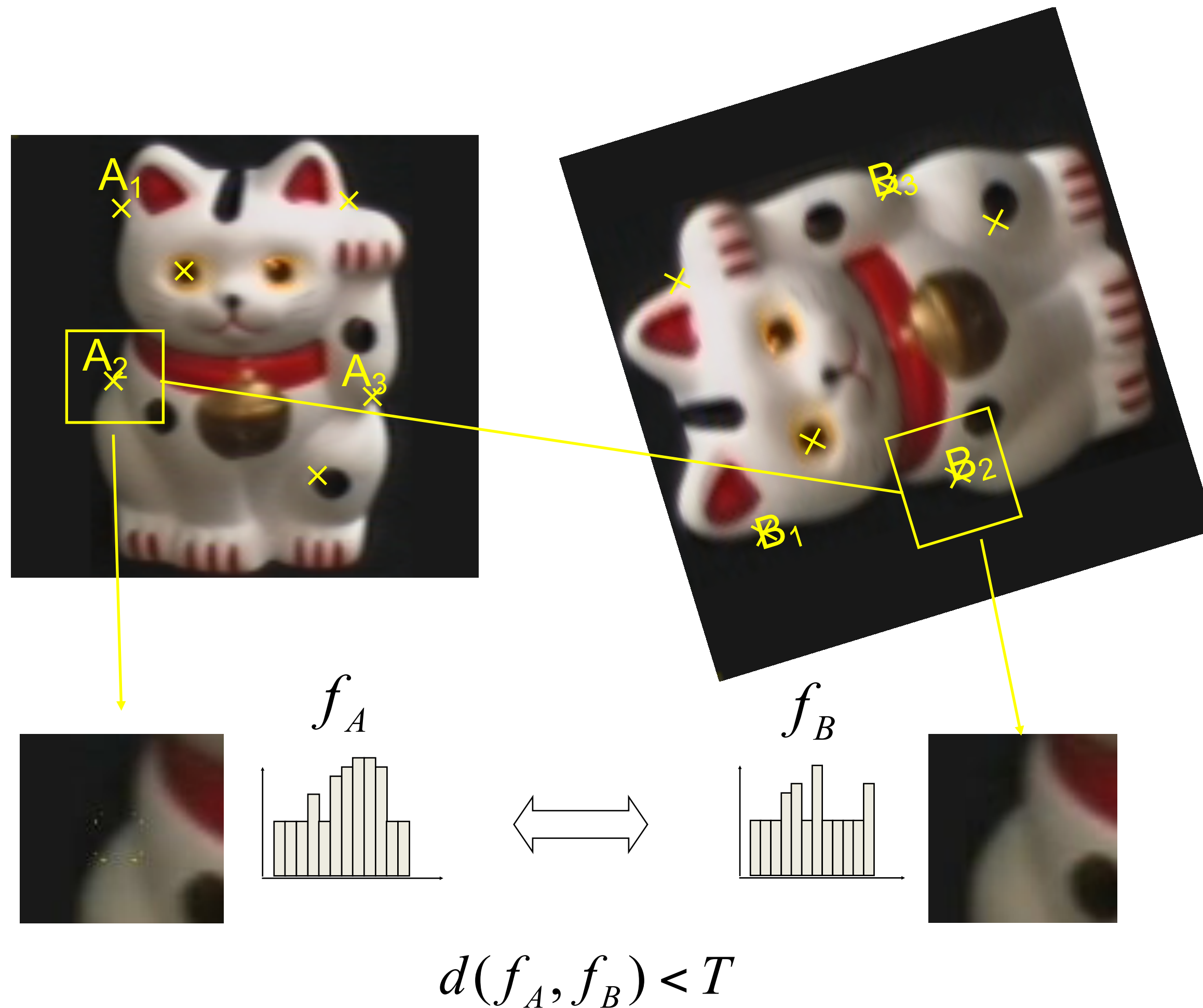


Détecteurs et descripteurs

Descripteurs

GIF-4105/7105 Photographie Algorithmique
Jean-François Lalonde

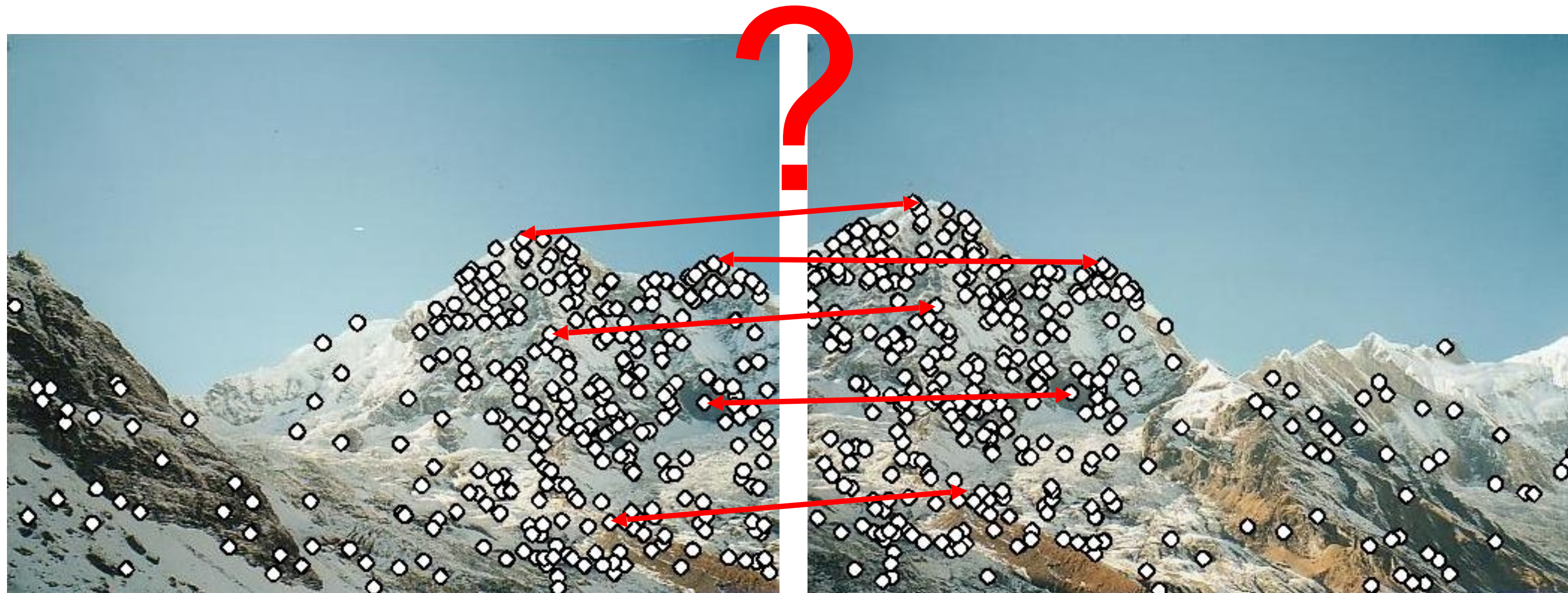
Idée générale : points d'intérêt et descripteurs



1. Trouver des points distinctifs
2. Définir une région autour de chaque point
3. Calculer un descripteur de la région
4. Apparier les descripteurs entre les 2 images (de façon robuste)

Descripteurs

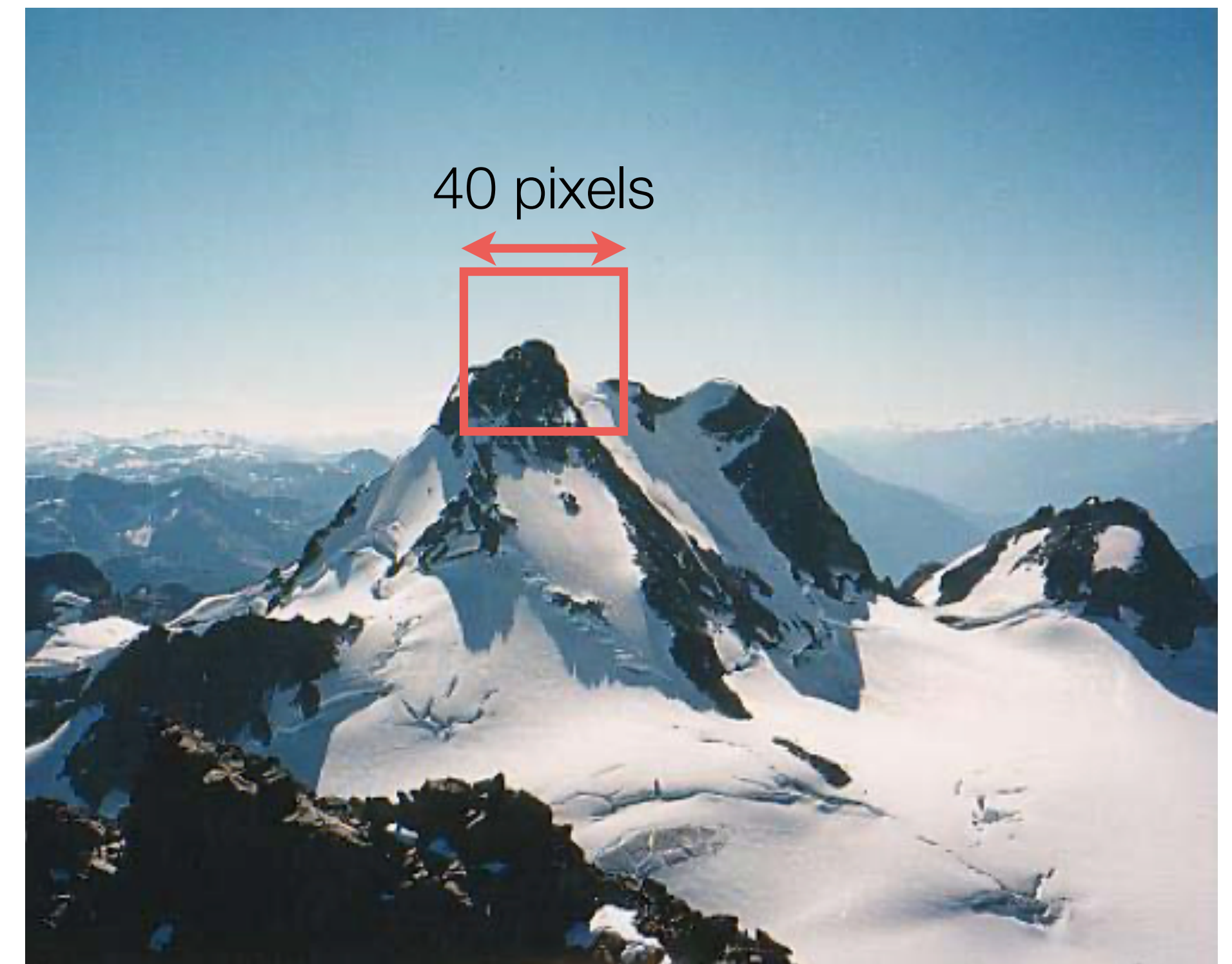
- Comment faire pour apparier nos points d'intérêt?

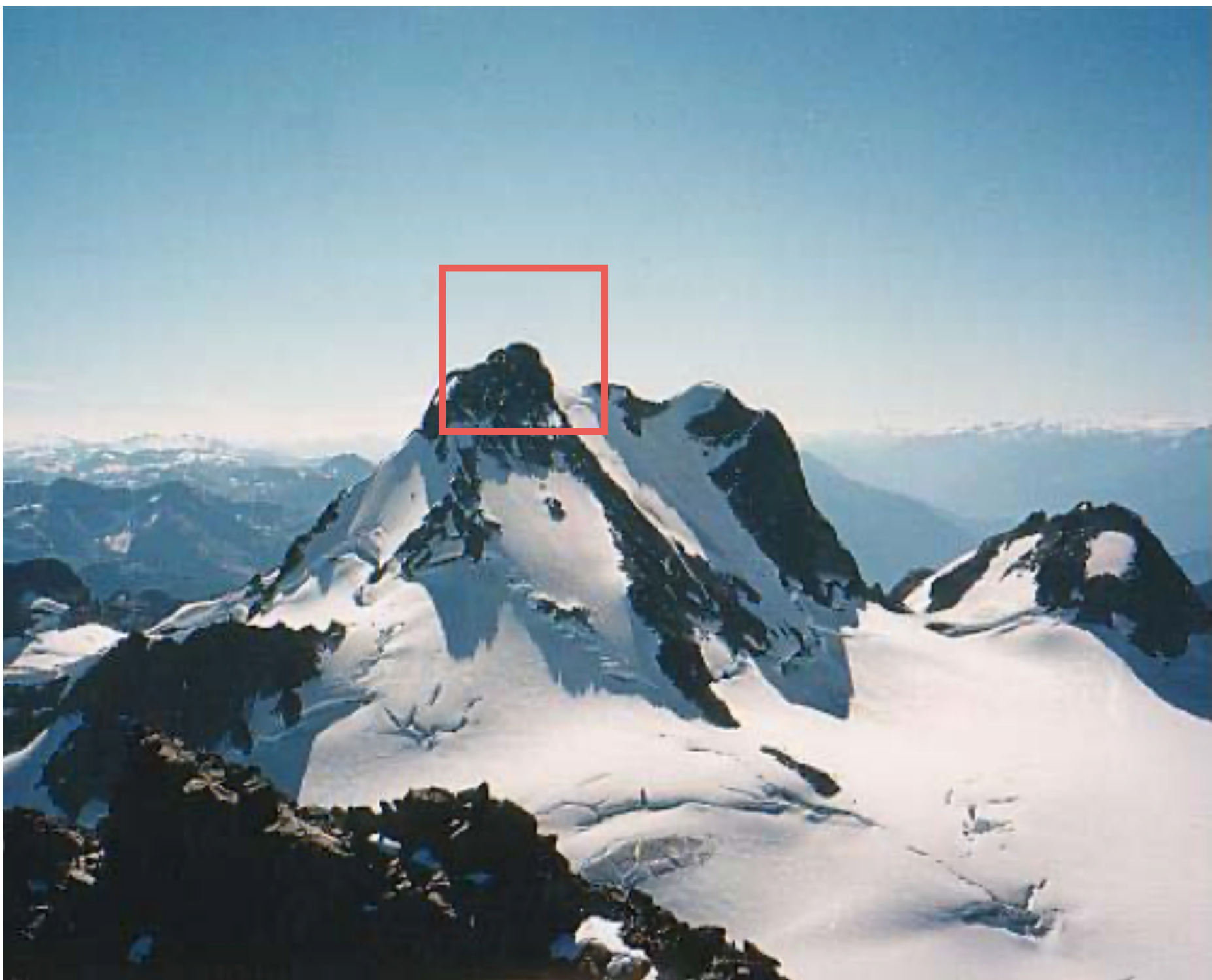


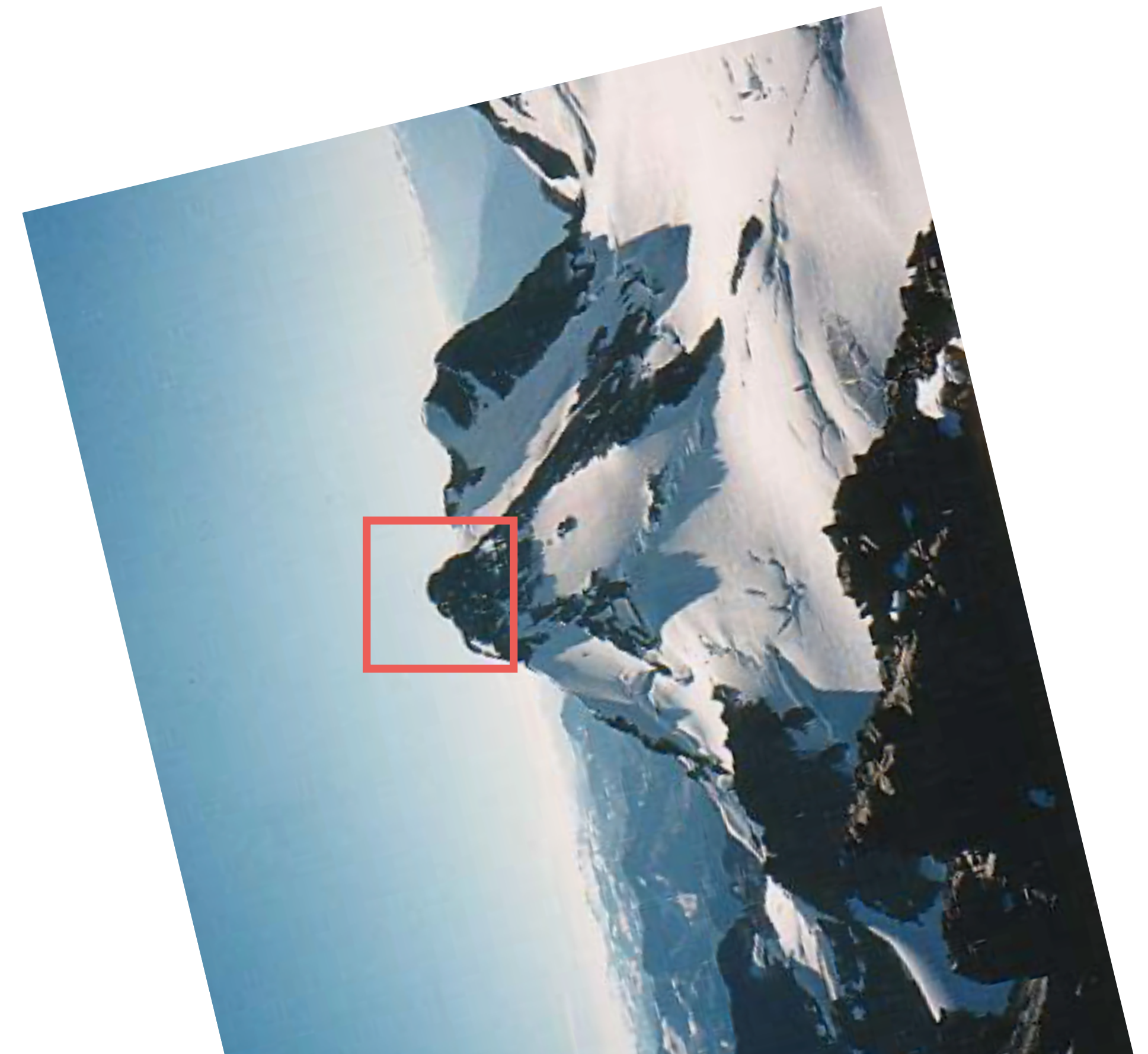
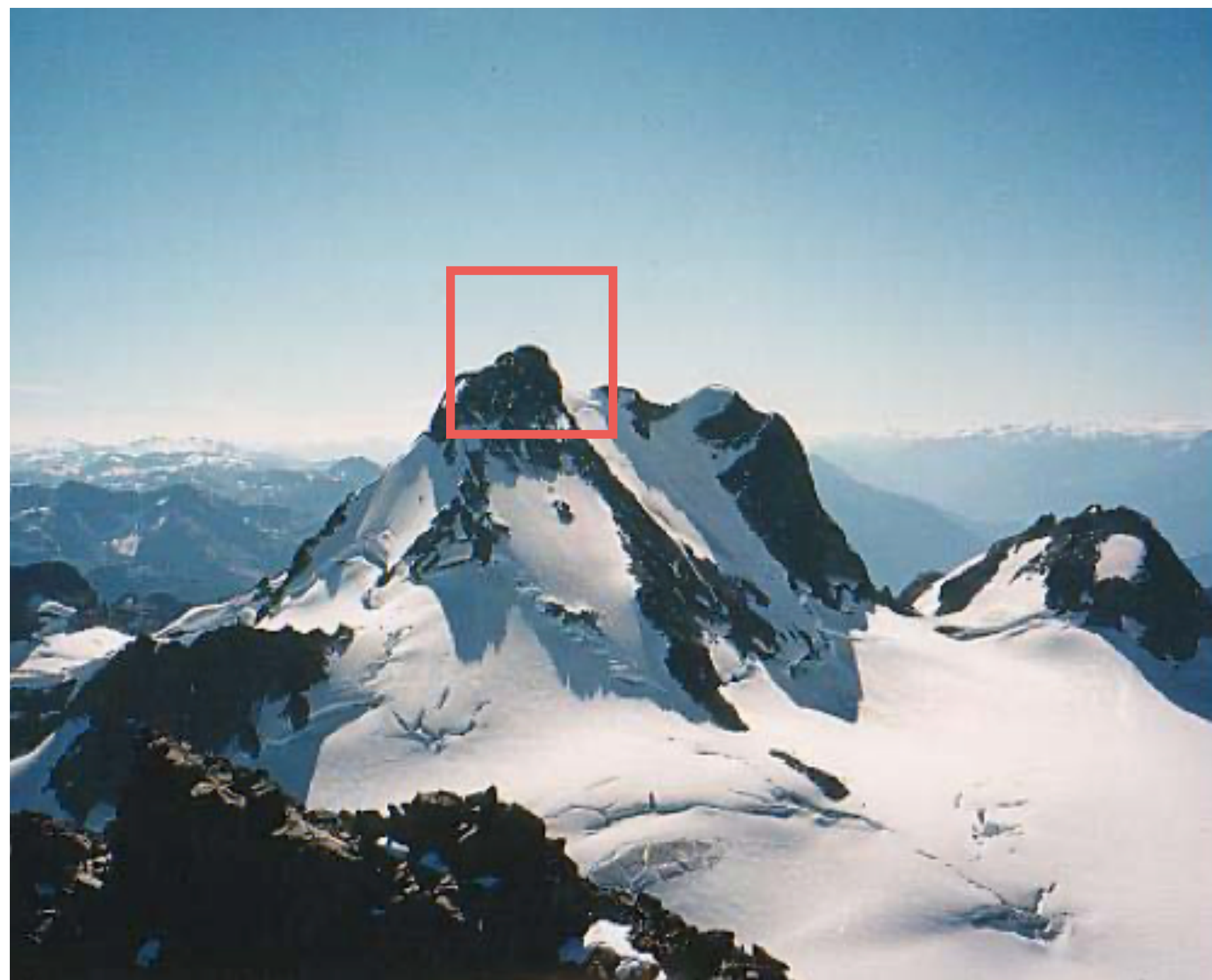
Descripteur doit être:
distinct
invariant

Descripteur simple : recette

1. Calculer une fenêtre de 40 x 40 pixels autour du point d'intérêt
2. Sous-échantillonner la fenêtre à 5x l'échelle (donc 8x8)

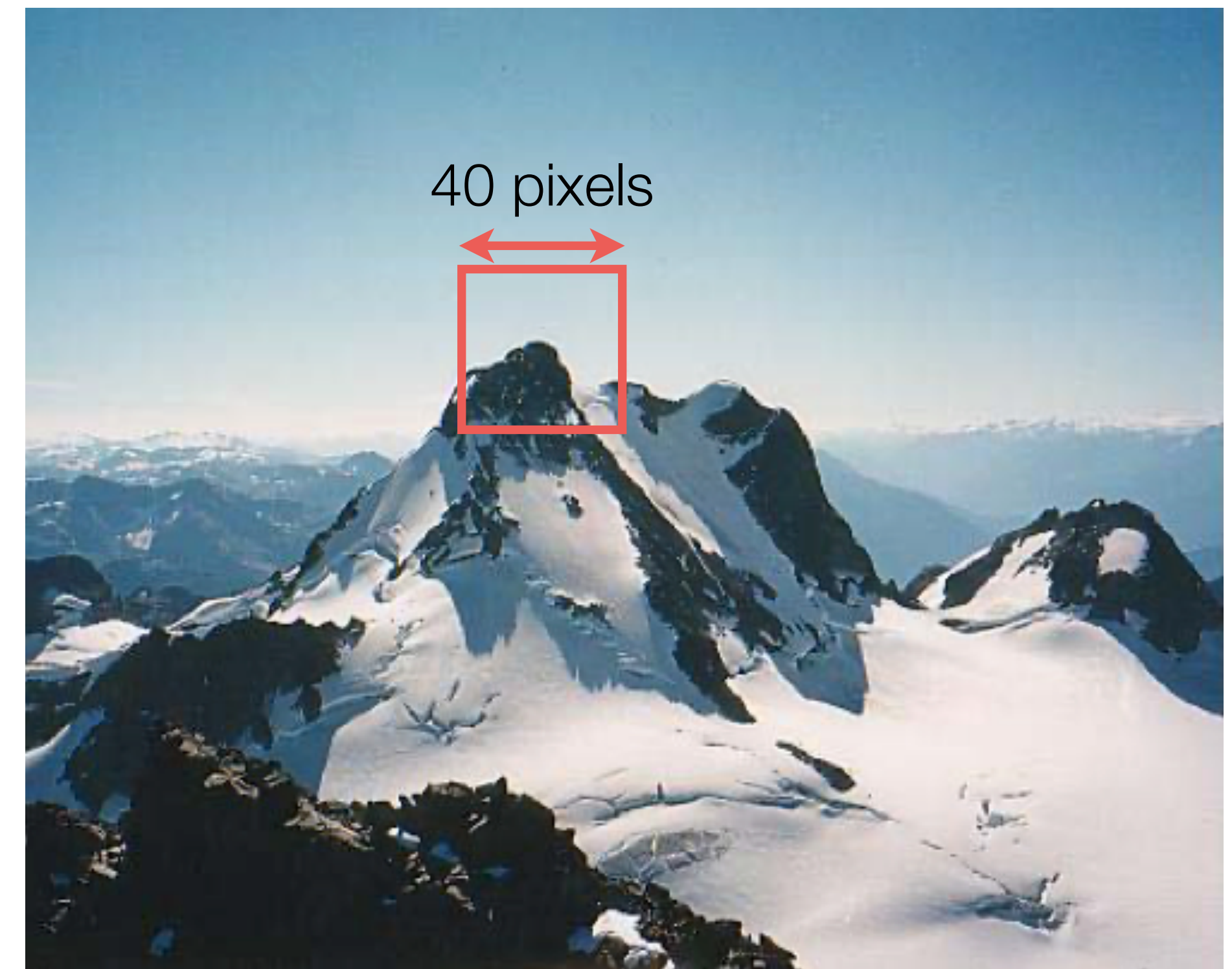


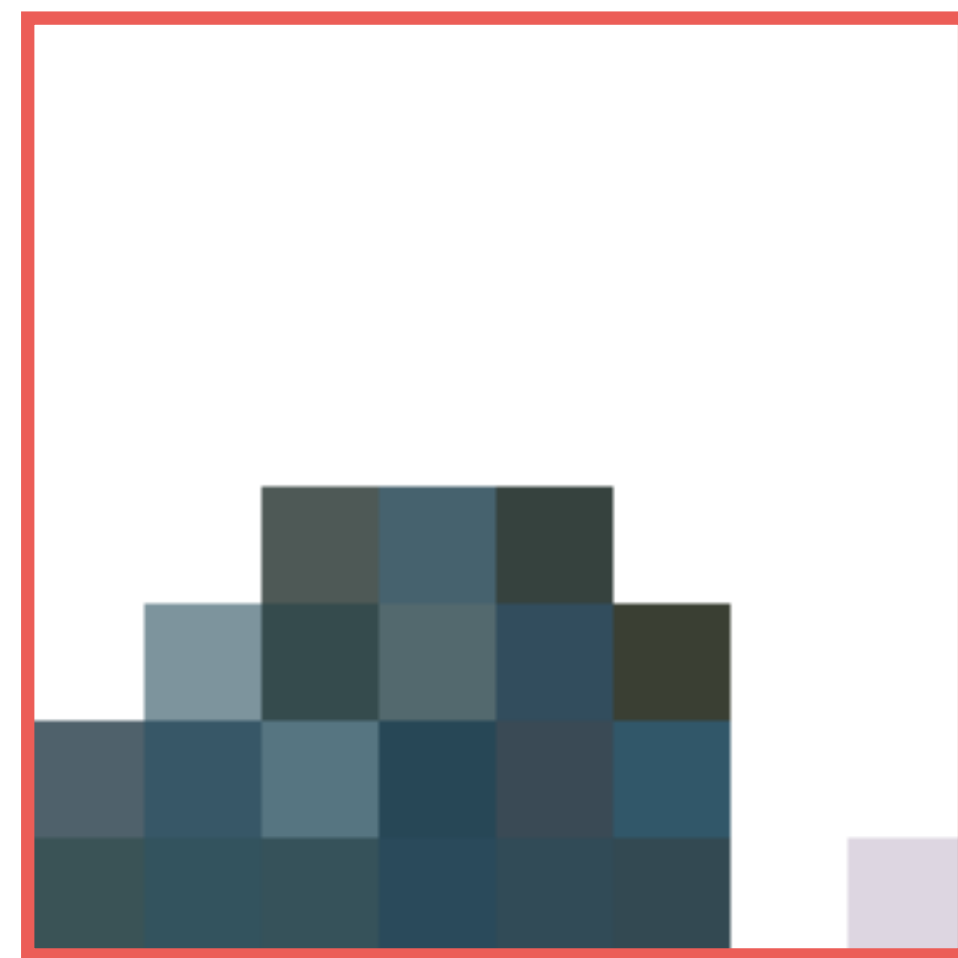




Descripteur simple : recette

1. Calculer une fenêtre de 40 x 40 pixels autour du point d'intérêt
2. Appliquer une rotation selon l'angle du gradient à ce pixel
3. Sous-échantillonner la fenêtre à 5x l'échelle (donc 8x8)

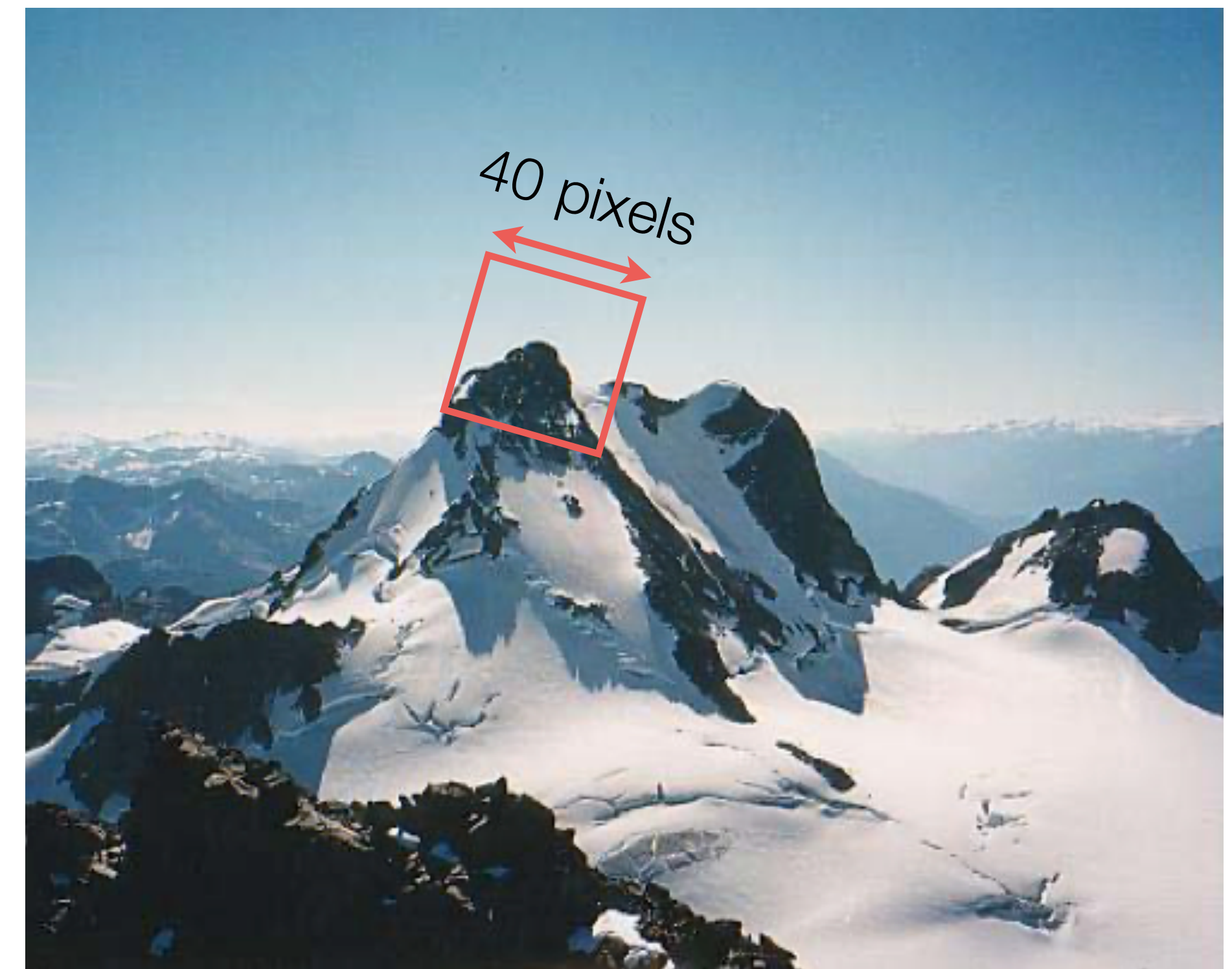
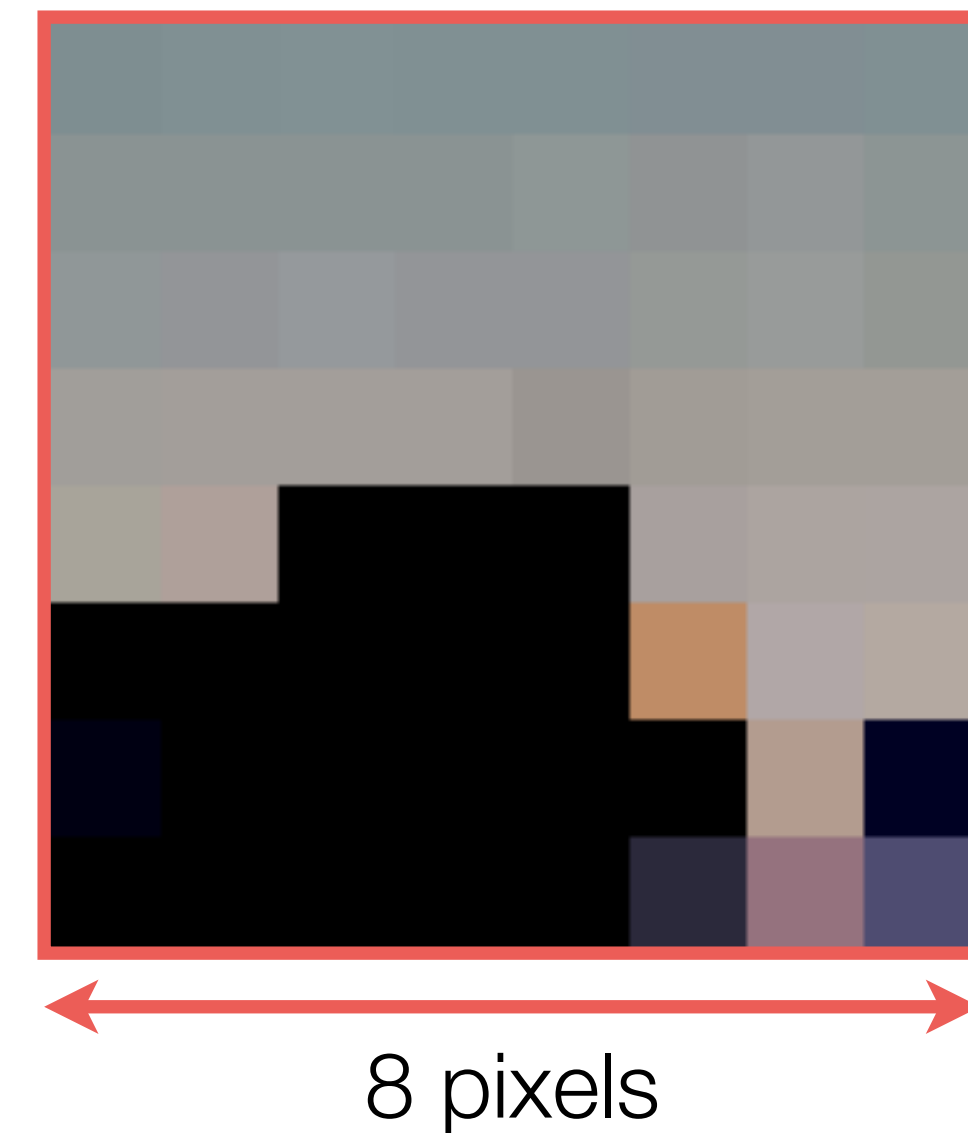


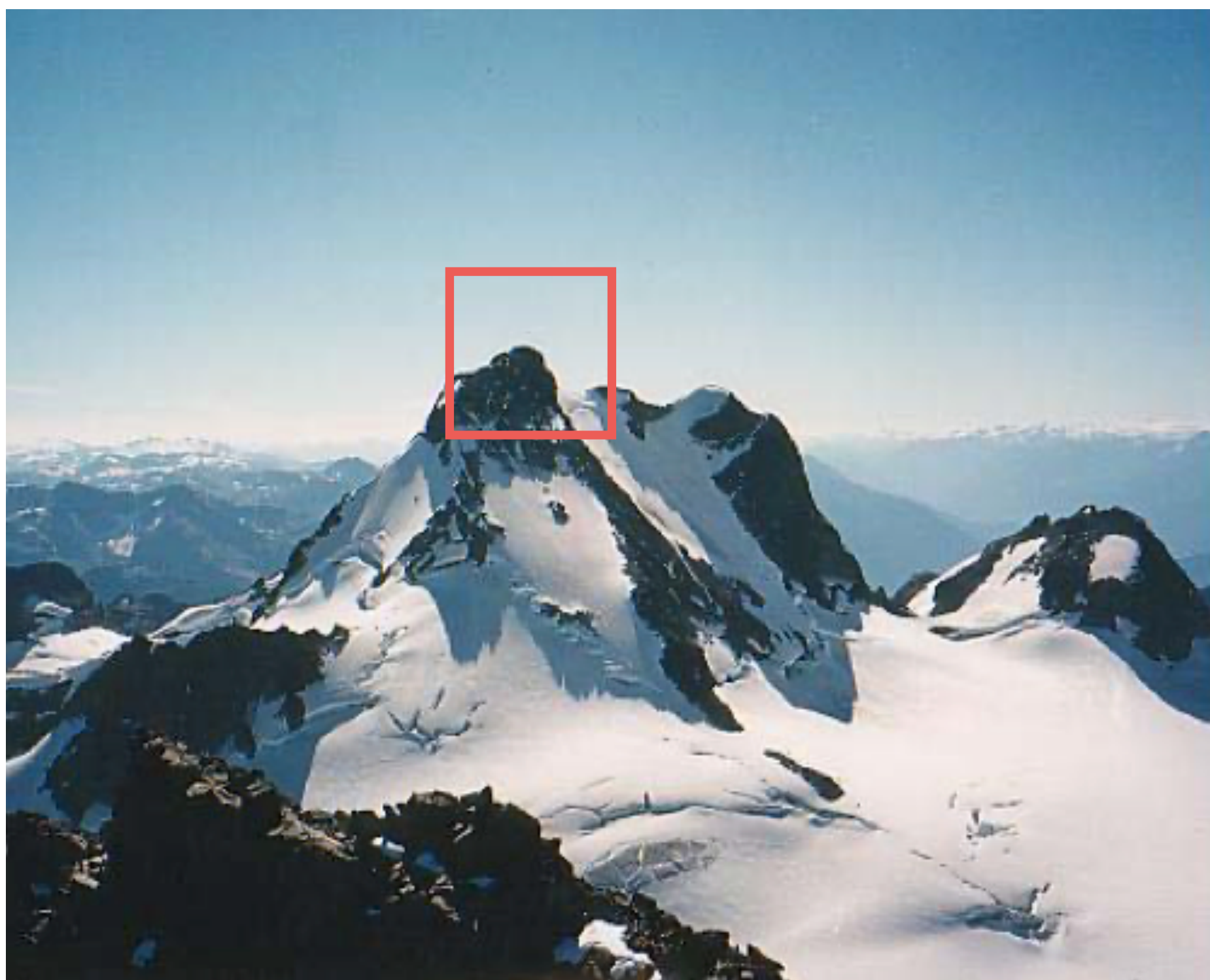


Descripteur simple : recette

1. Calculer une fenêtre de 40 x 40 pixels autour du point d'intérêt
2. Appliquer une rotation selon l'angle du gradient à ce pixel
3. Sous-échantillonner la fenêtre à 5x l'échelle (donc 8x8)

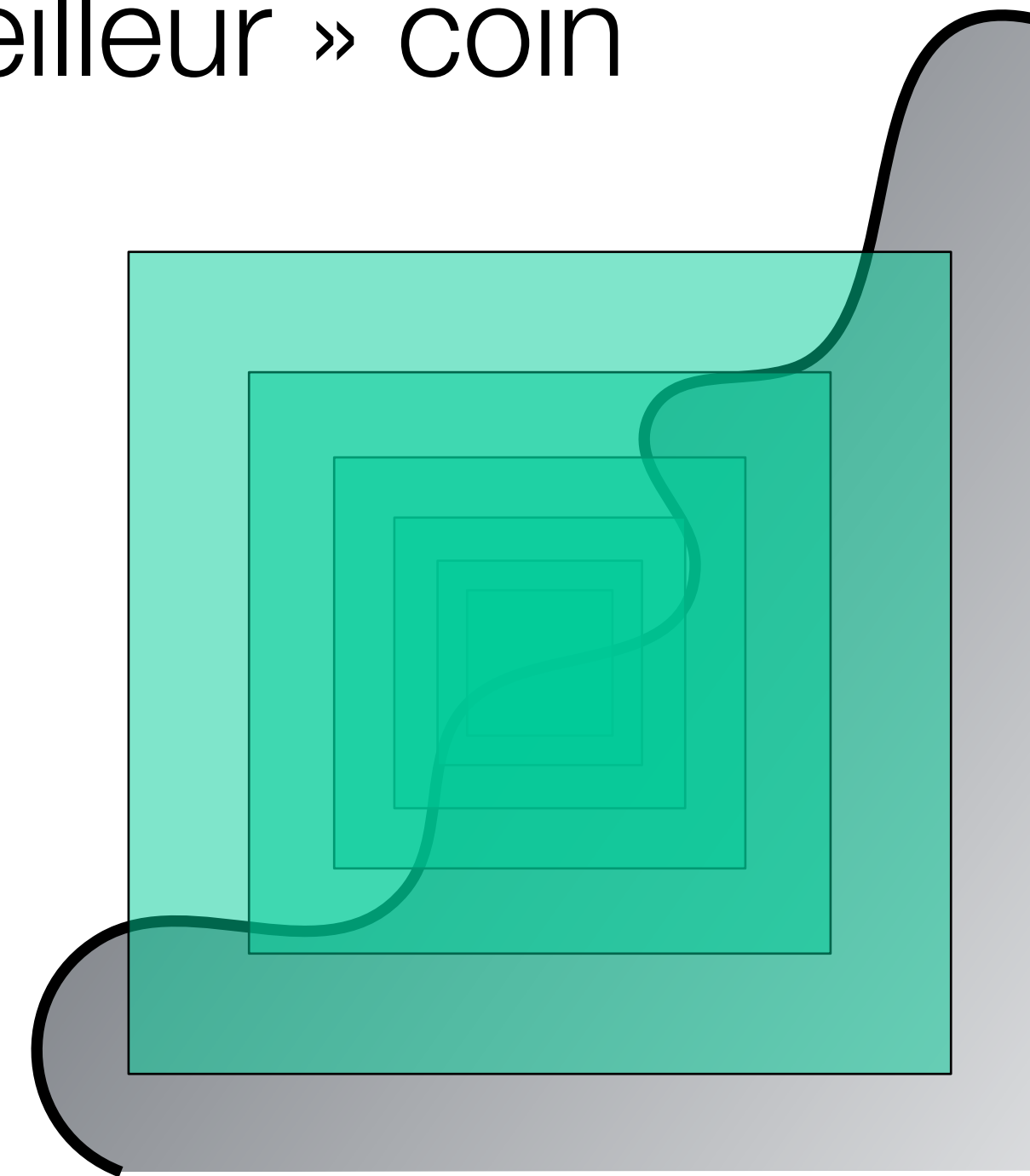
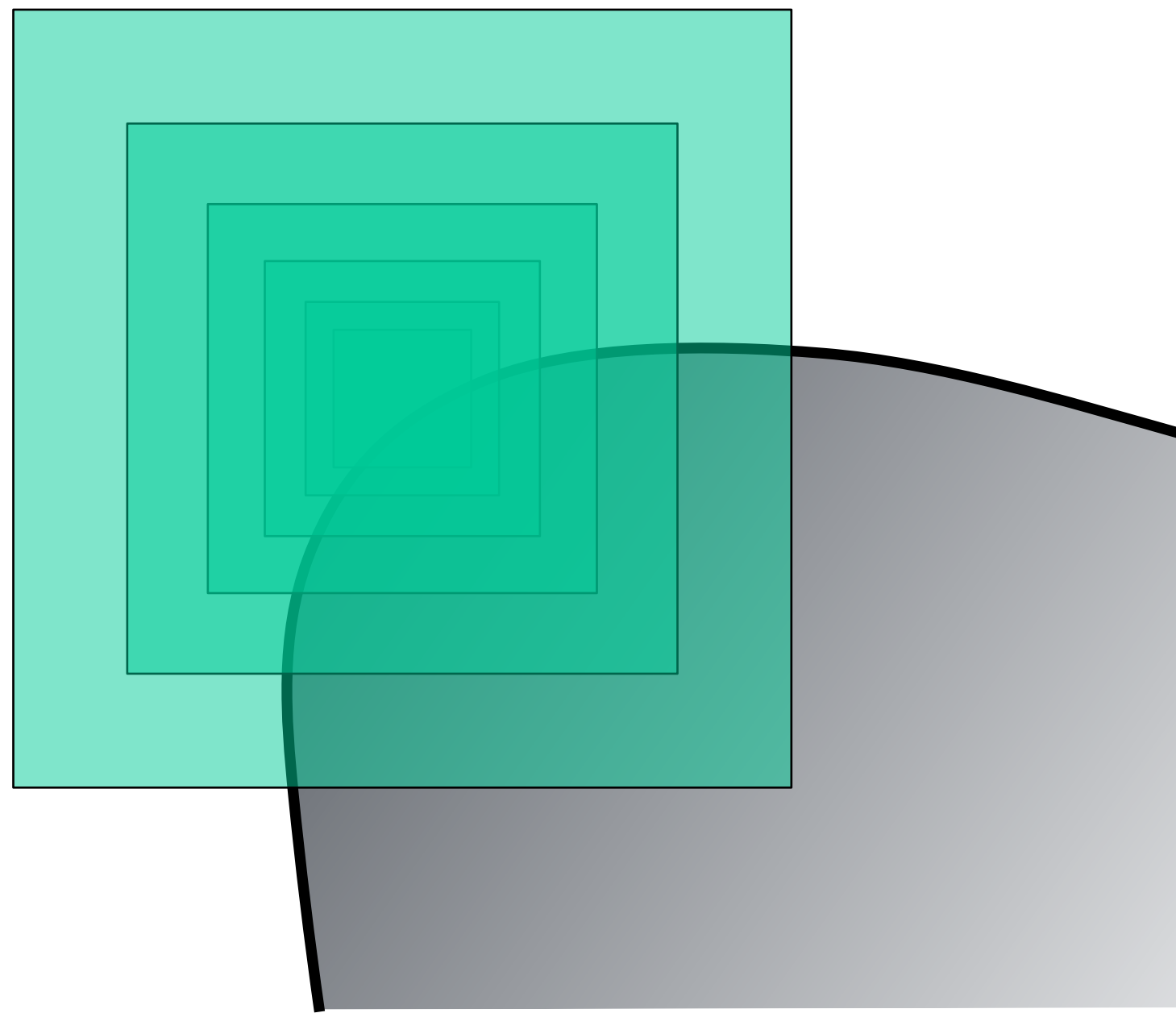
4. Normaliser : $l' = \frac{l - \mu}{\sigma}$





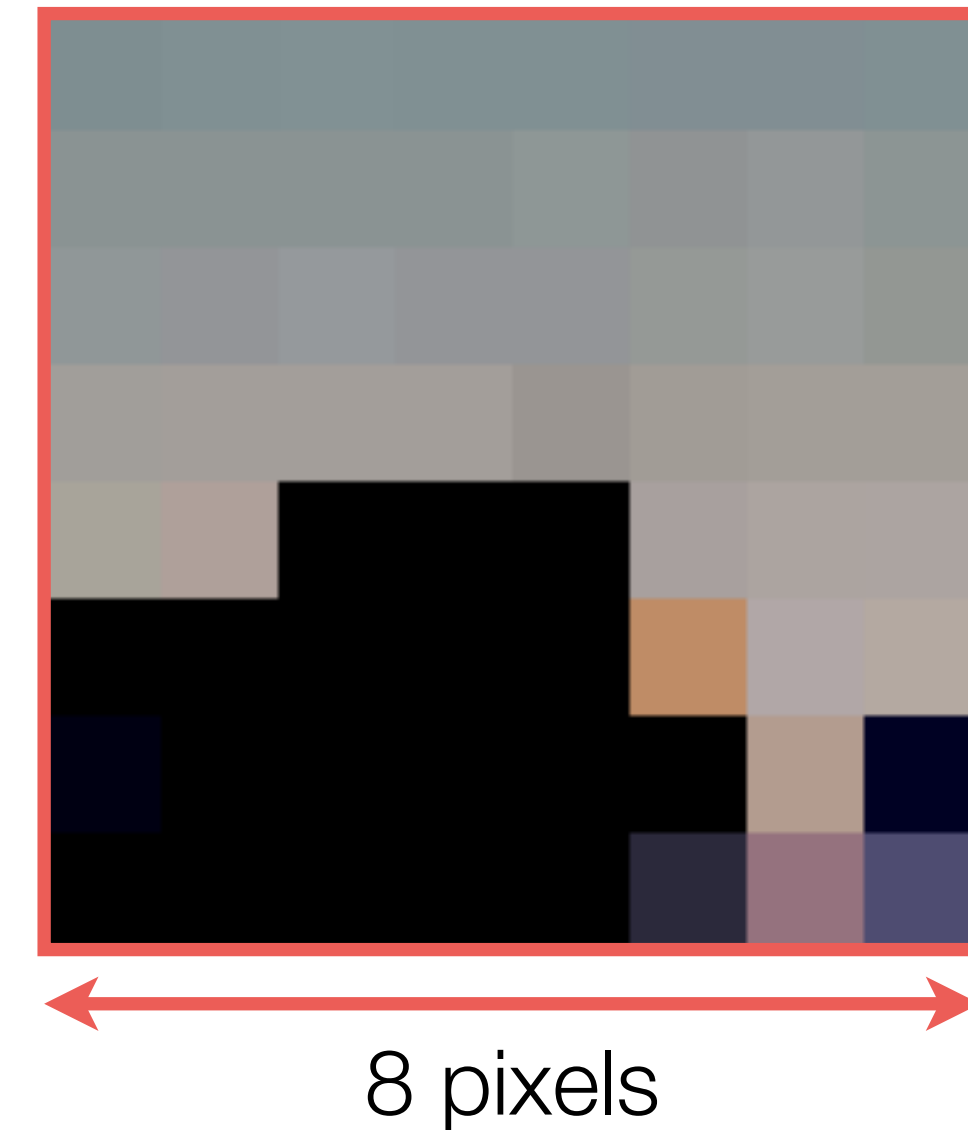
Invariance à l'échelle

- Problème : comment déterminer la taille de la fenêtre indépendamment pour chaque image?
- Choisir la taille en fonction du « meilleur » coin



Descripteur simple : recette

1. Calculer une fenêtre de taille proportionnelle à l'échelle donnée par le détecteur de Harris autour du point d'intérêt
2. Appliquer une rotation selon l'angle du gradient à ce pixel
3. Sous-échantillonner la fenêtre à 5x l'échelle (donc 8x8)
4. Normaliser : $l' = \frac{l - \mu}{\sigma}$

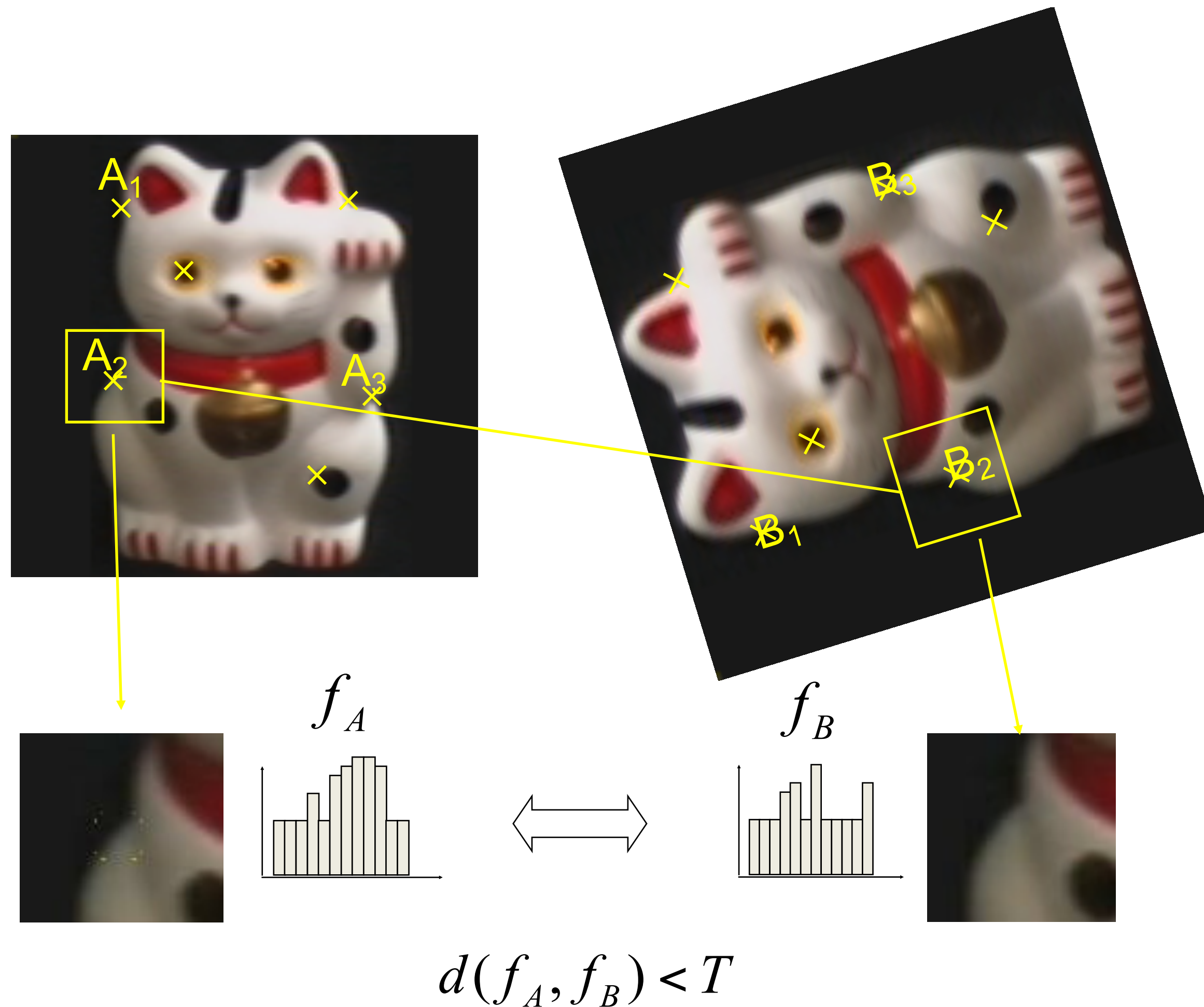


Détecteurs et descripteurs

Appariement

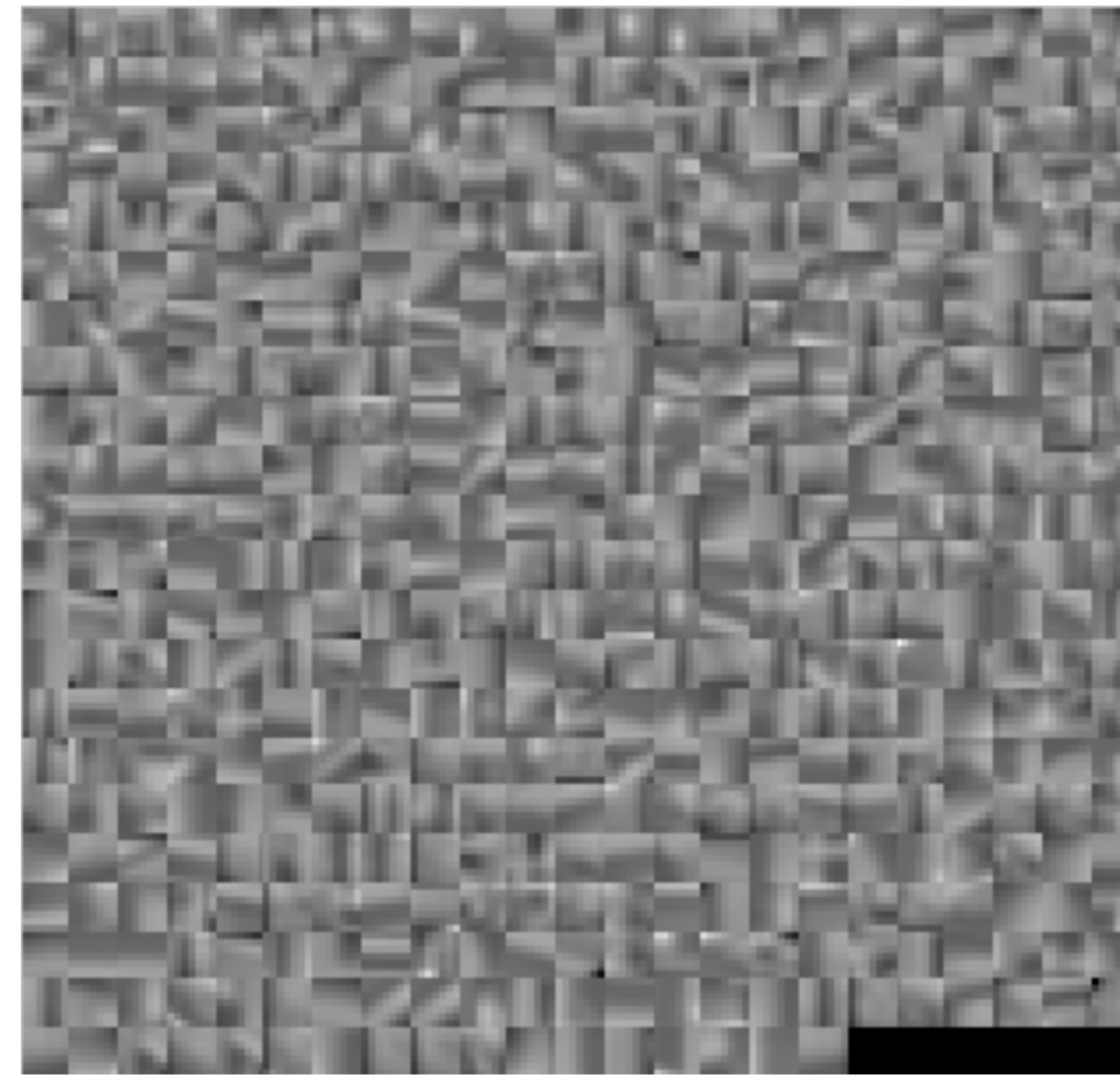
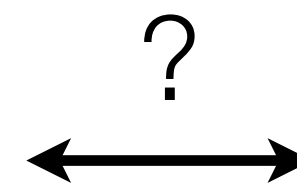
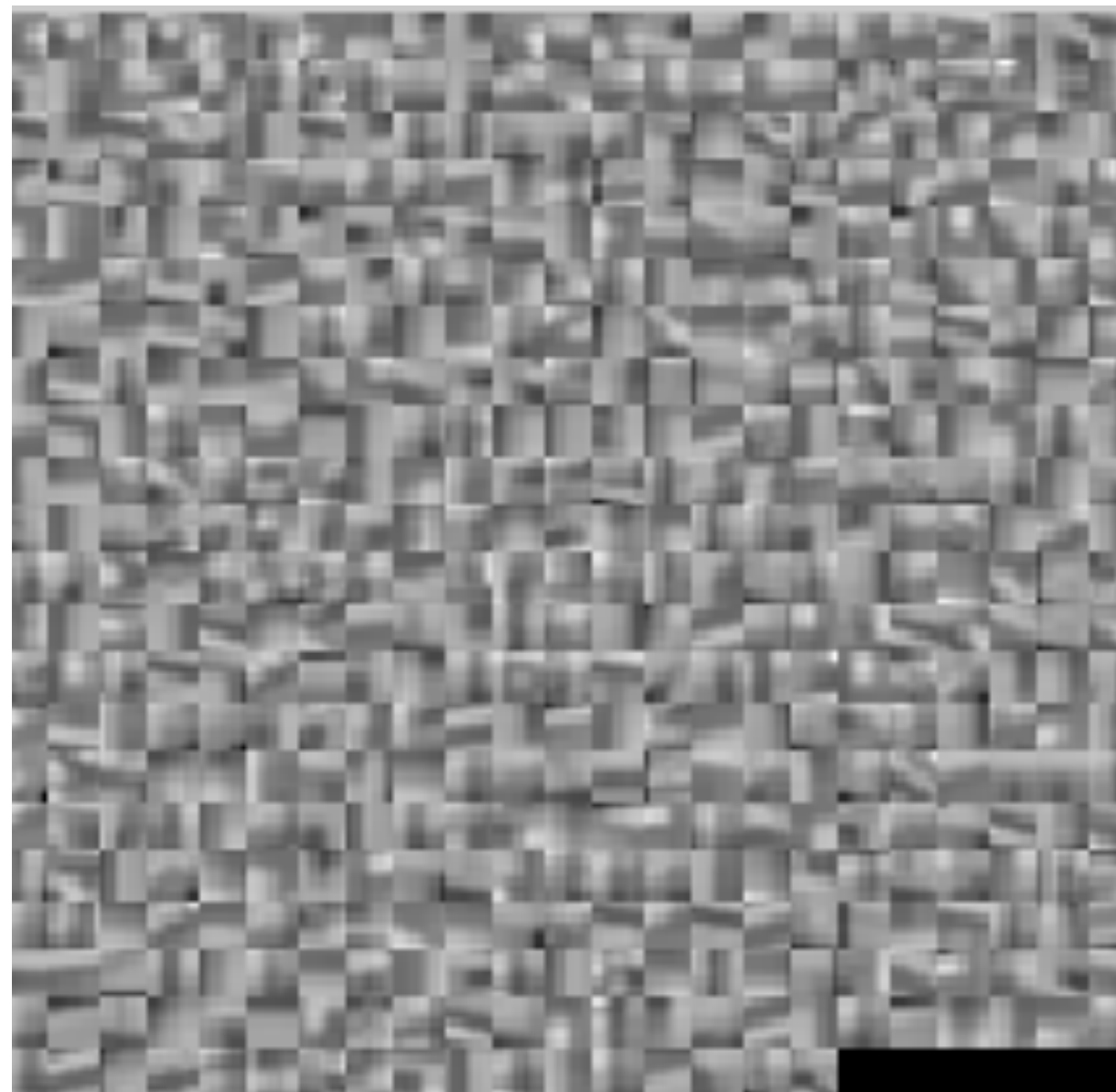
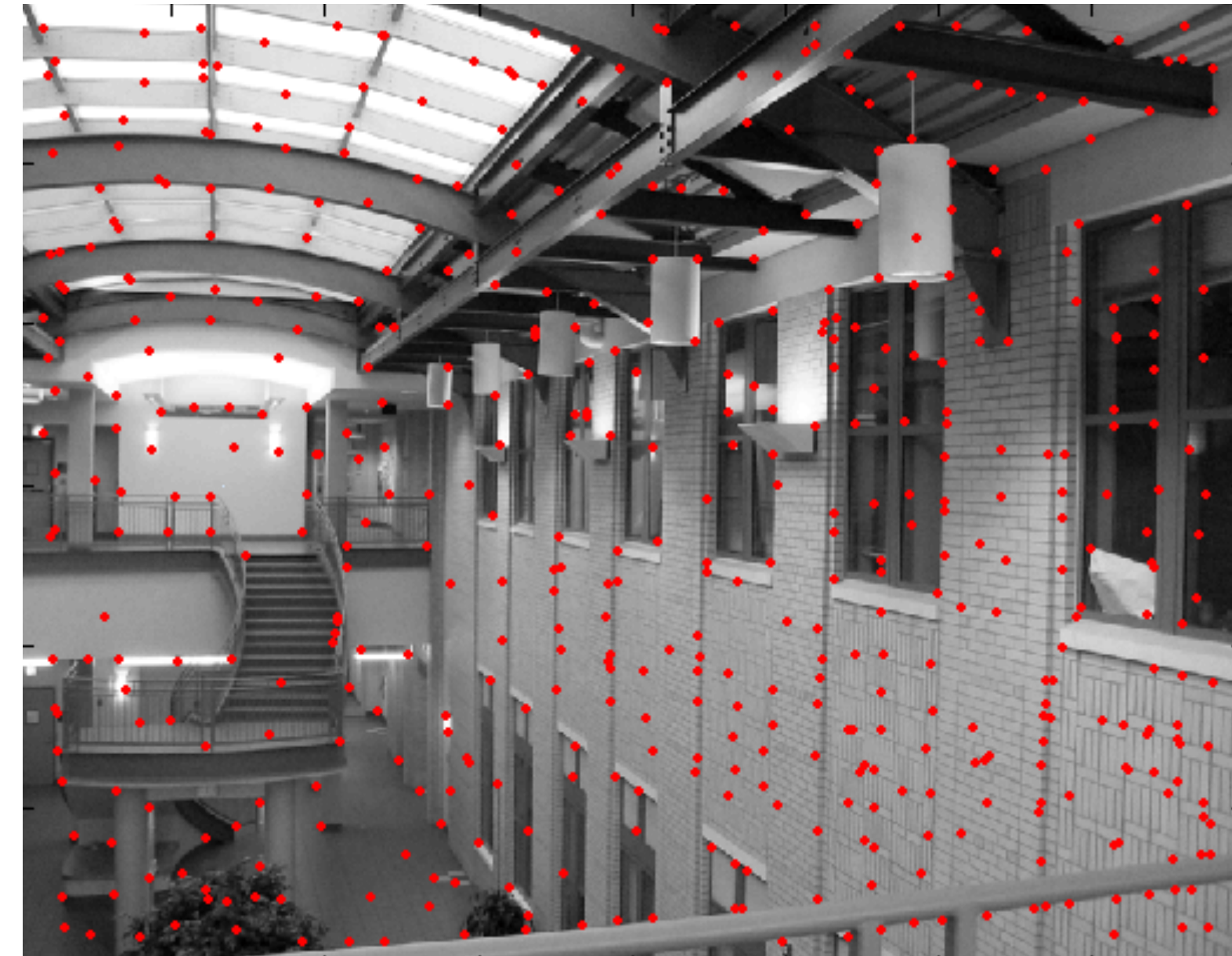
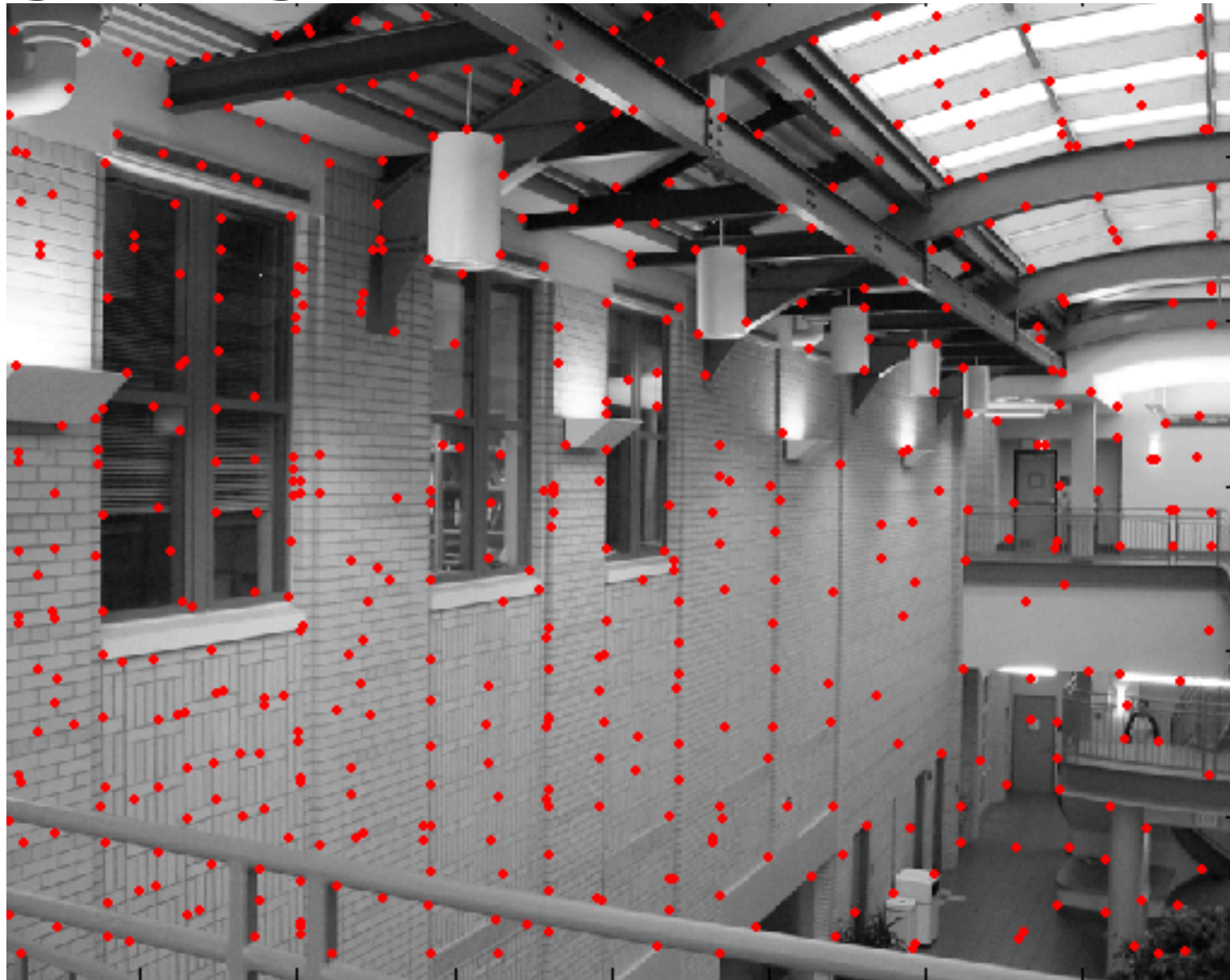
GIF-4105/7105 Photographie Algorithmique
Jean-François Lalonde

Idée générale : points d'intérêt et descripteurs



1. Trouver des points distinctifs
2. Définir une région autour de chaque point
3. Calculer un descripteur de la région
4. Apparier les descripteurs entre les 2 images (de façon robuste)

Appariement

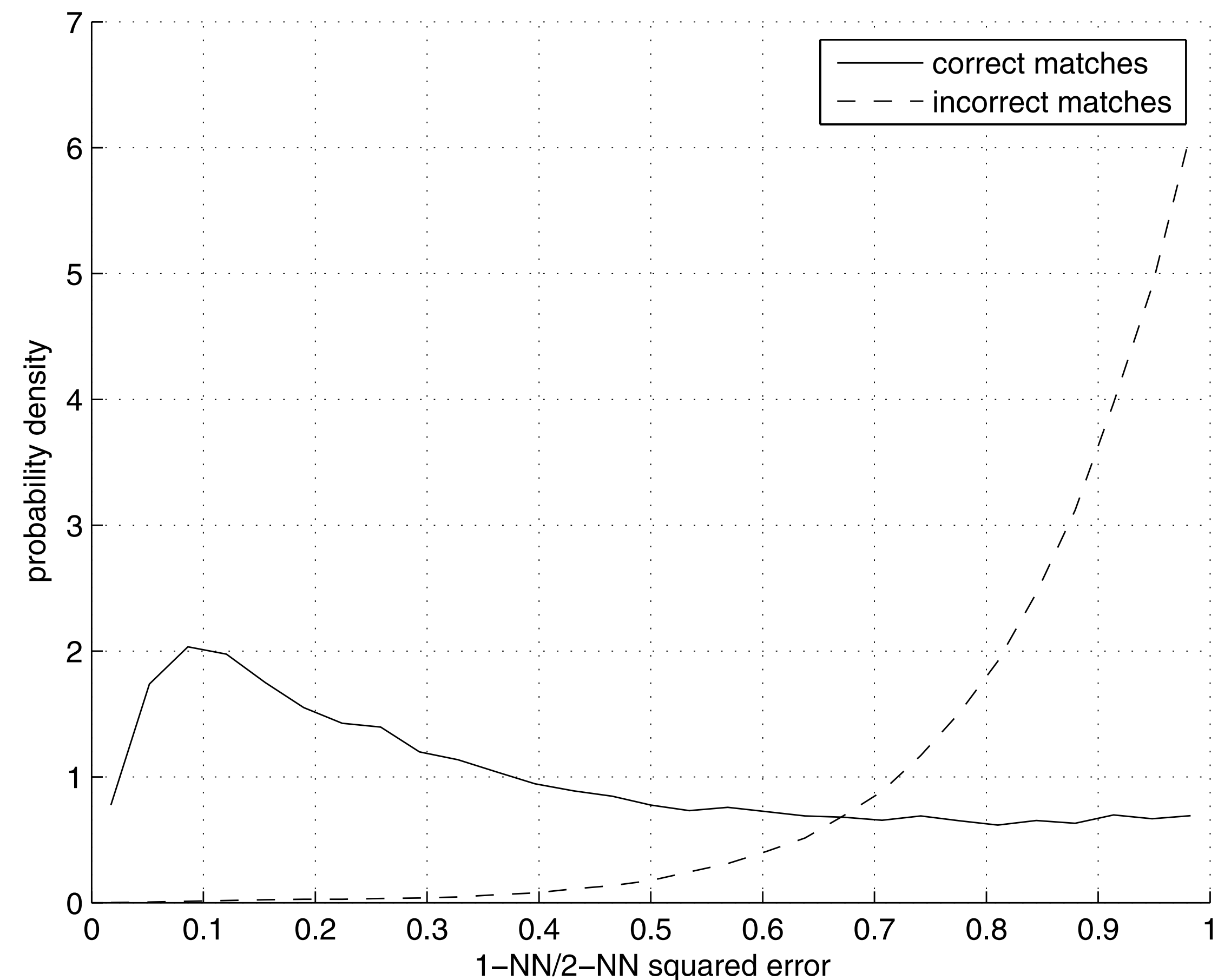
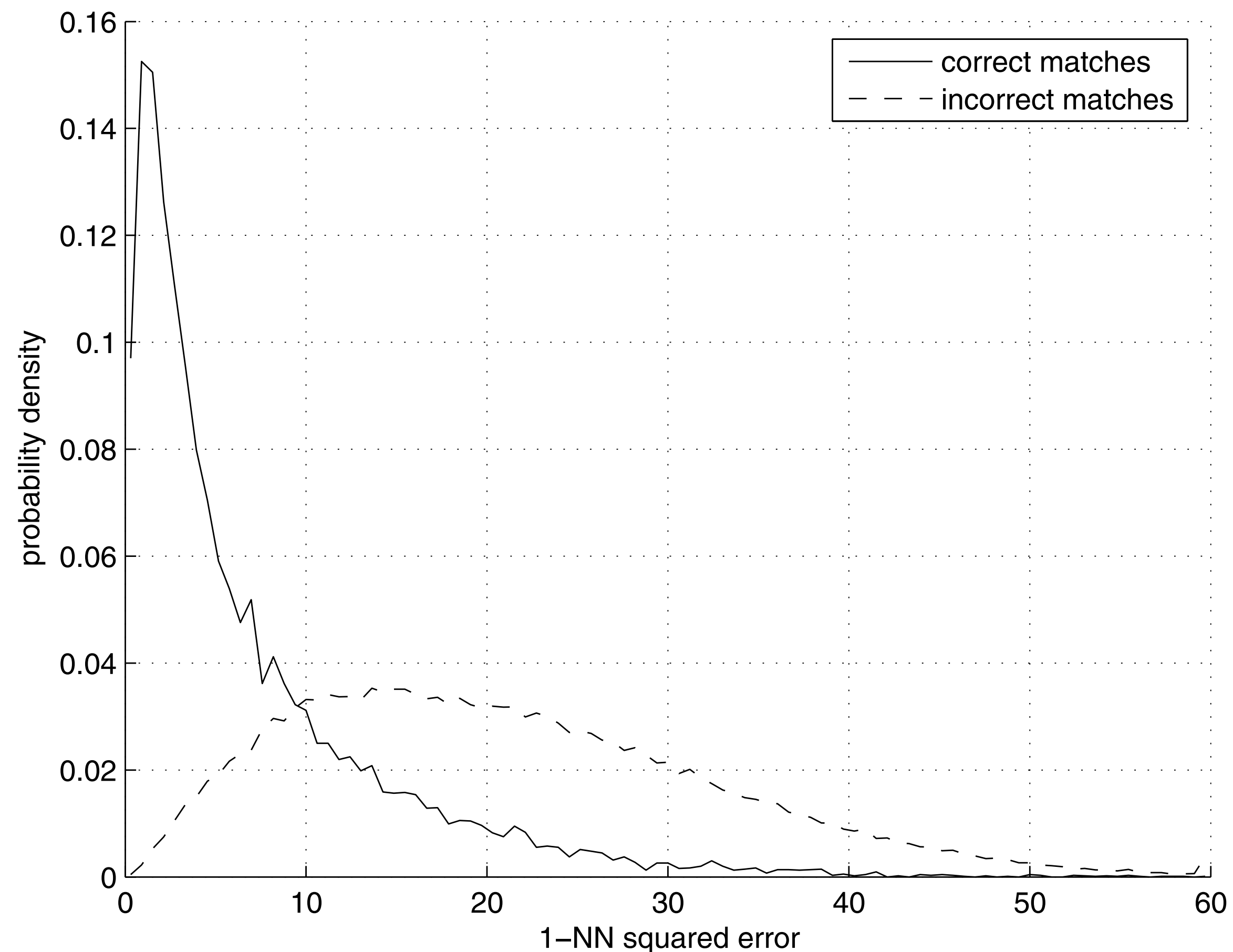


Appariement

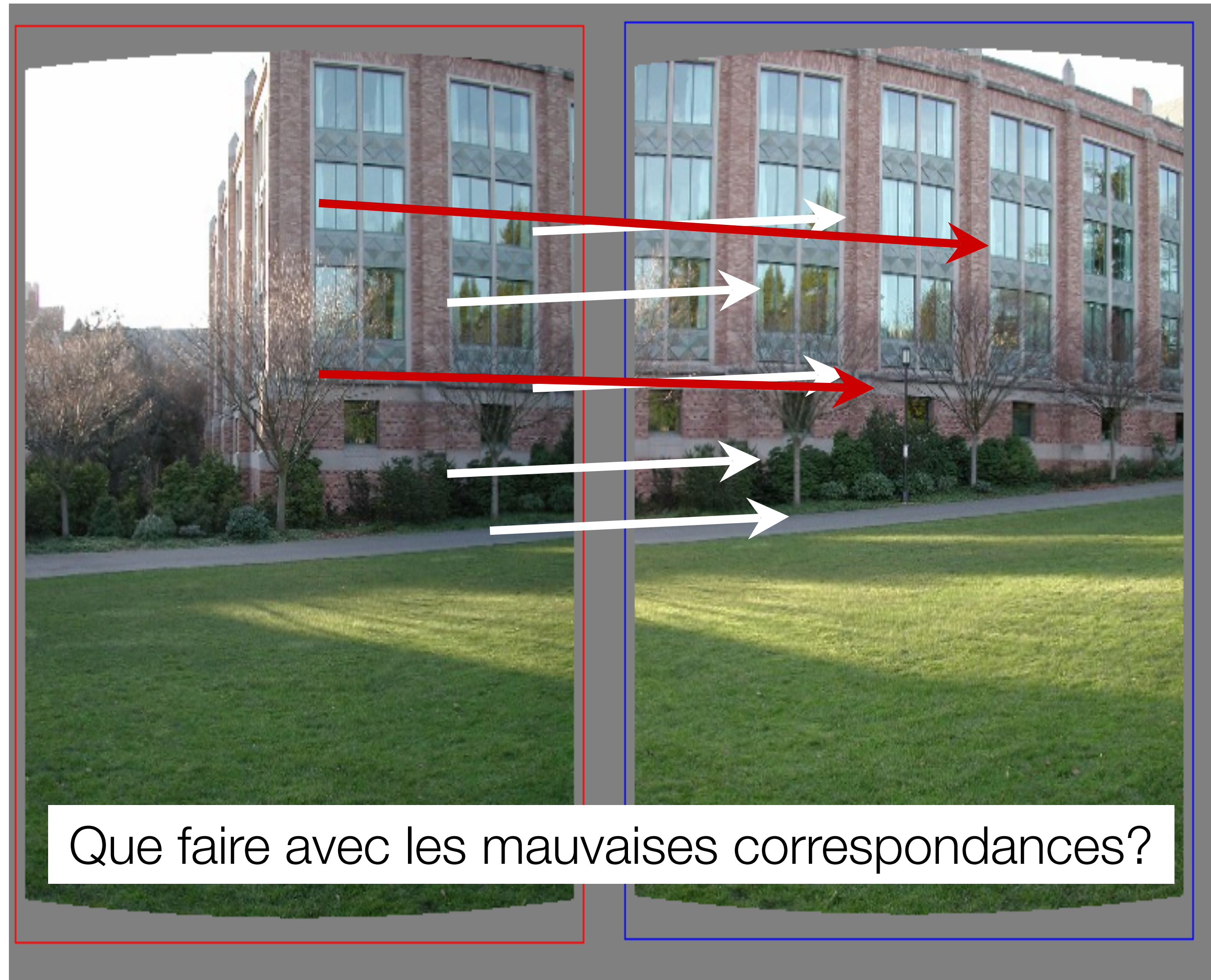
- Recherche exhaustive
 - Comparer chaque point à tous les points dans l'autre image et appliquer un seuil sur la différence
- Pour être plus efficace : *kd-tree* et variantes

Appariement

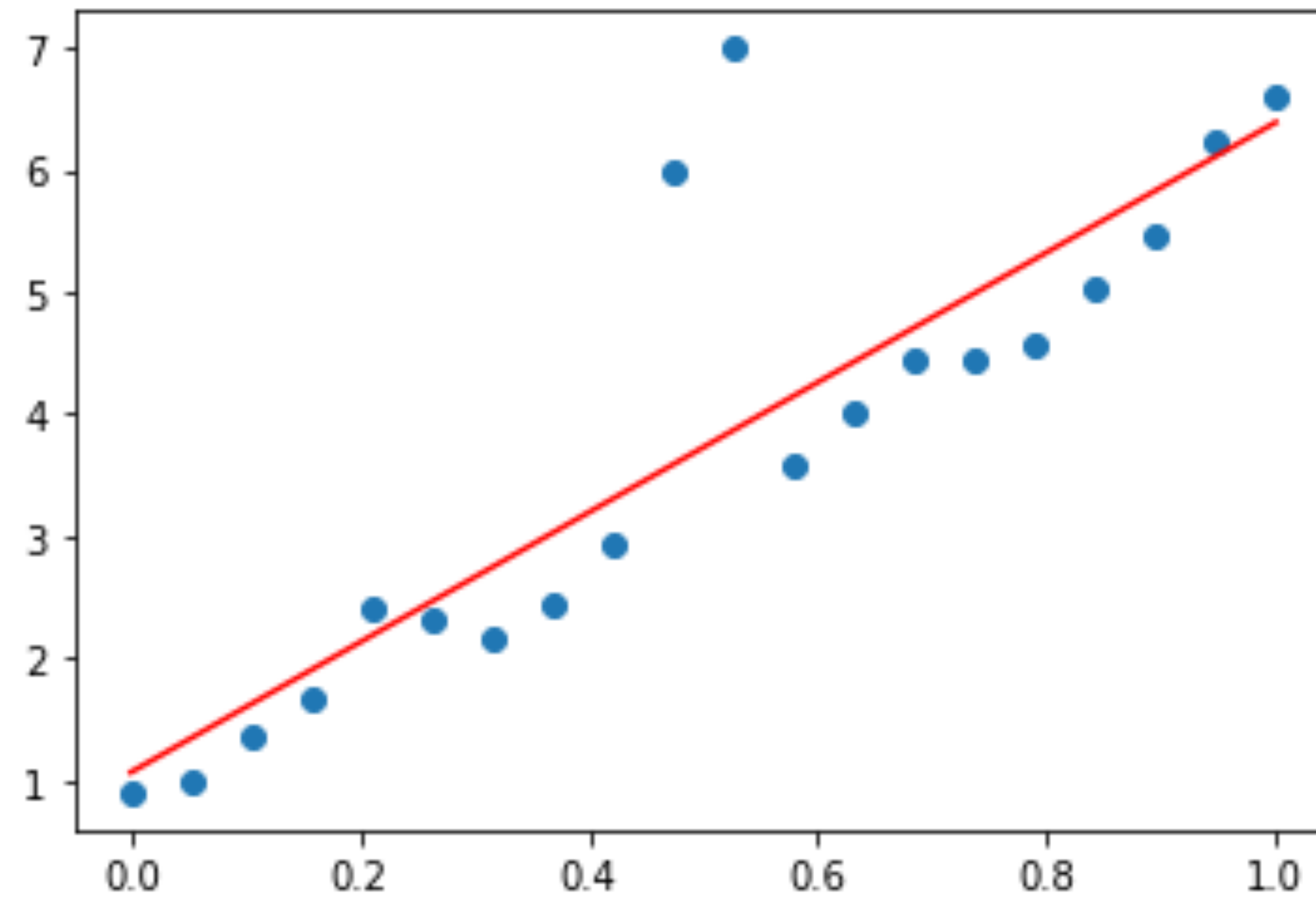
- En pratique : calculer le ratio de la distance par rapport au descripteur le plus près sur le 2e plus près



Appariement : aberrations



Données aberrantes



« Random Sample Consensus » (RANSAC)

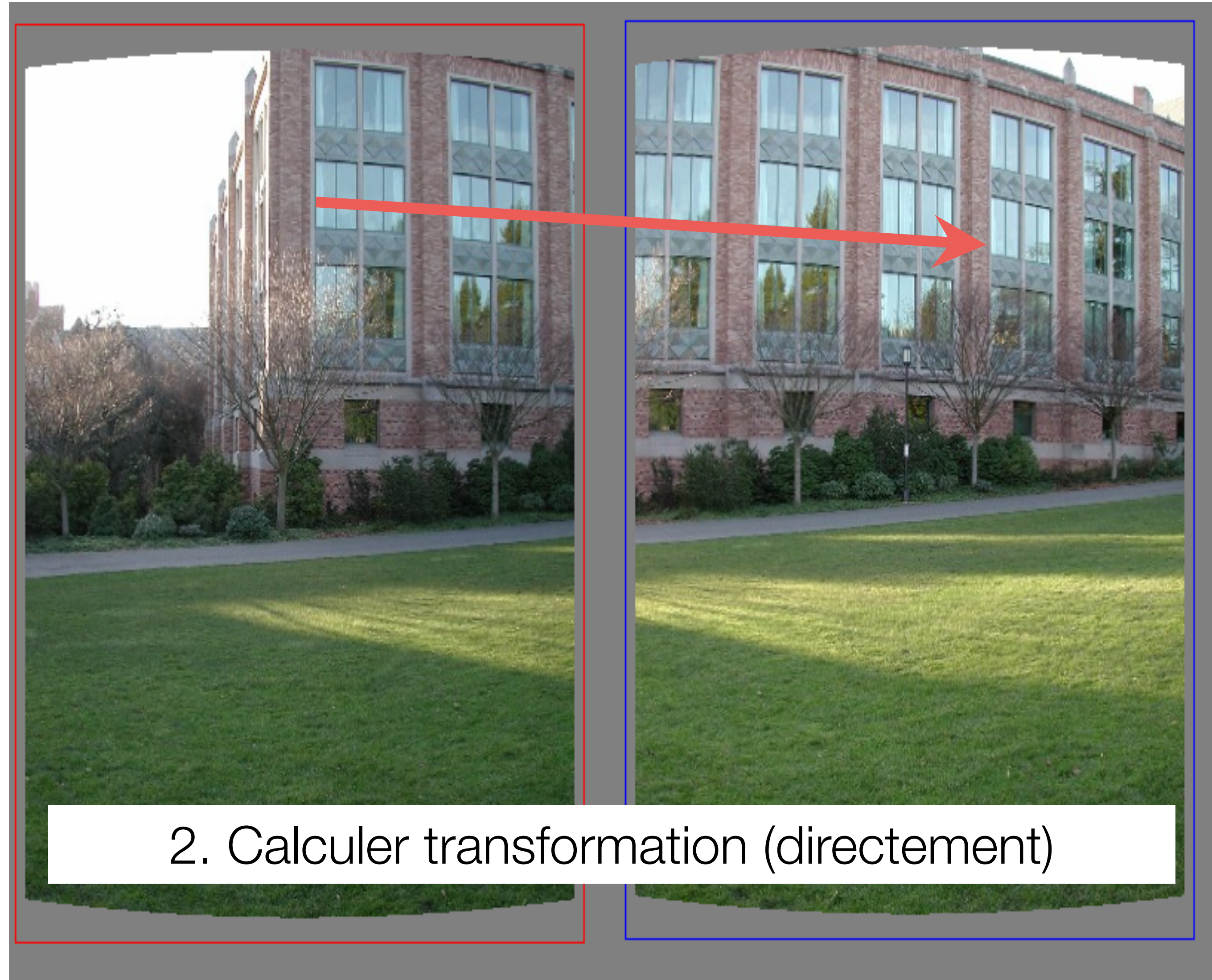
Aussi connu sous le nom de
« Essayer toutes sortes de choses au hasard
jusqu'à ce que ça marche »



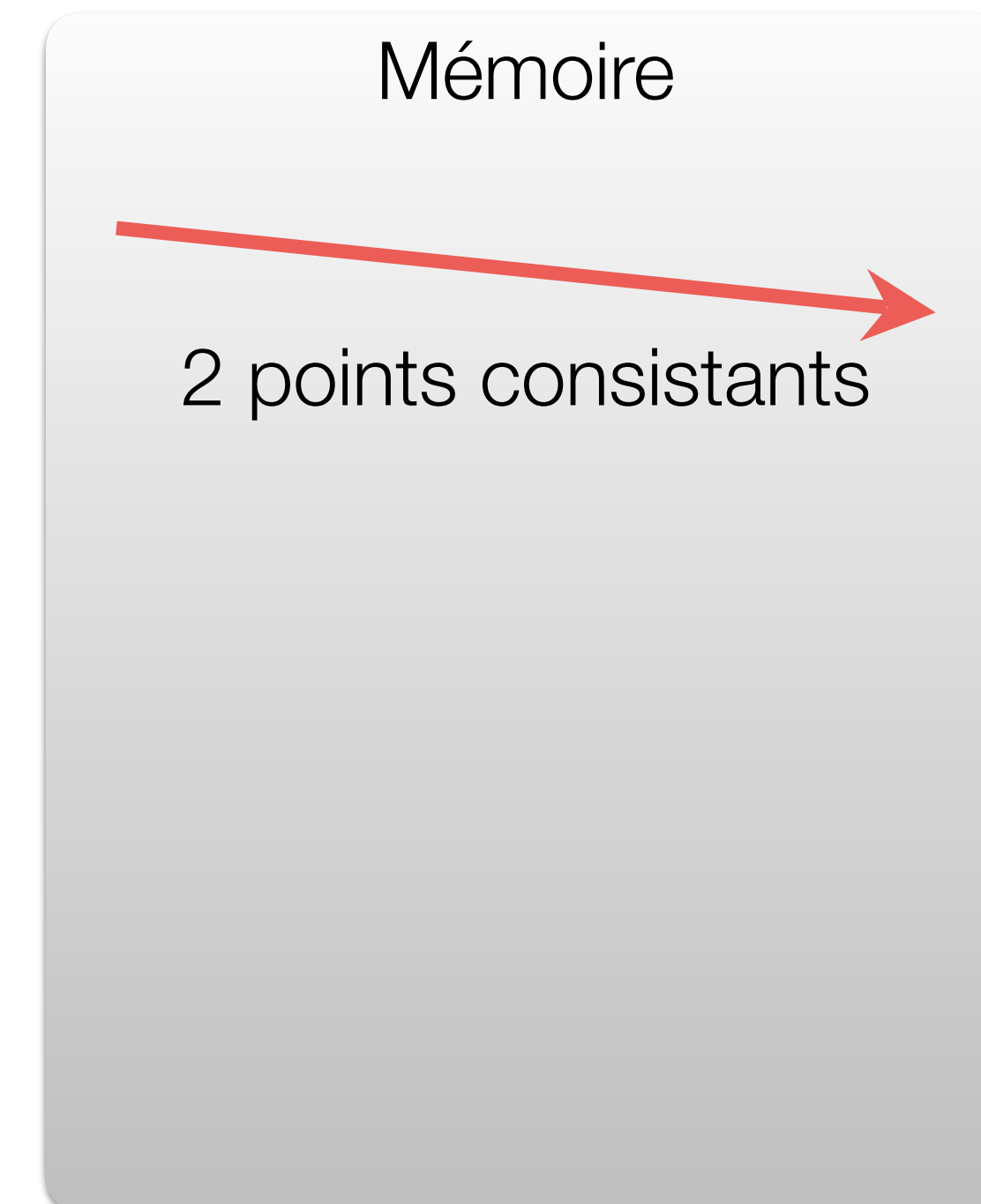
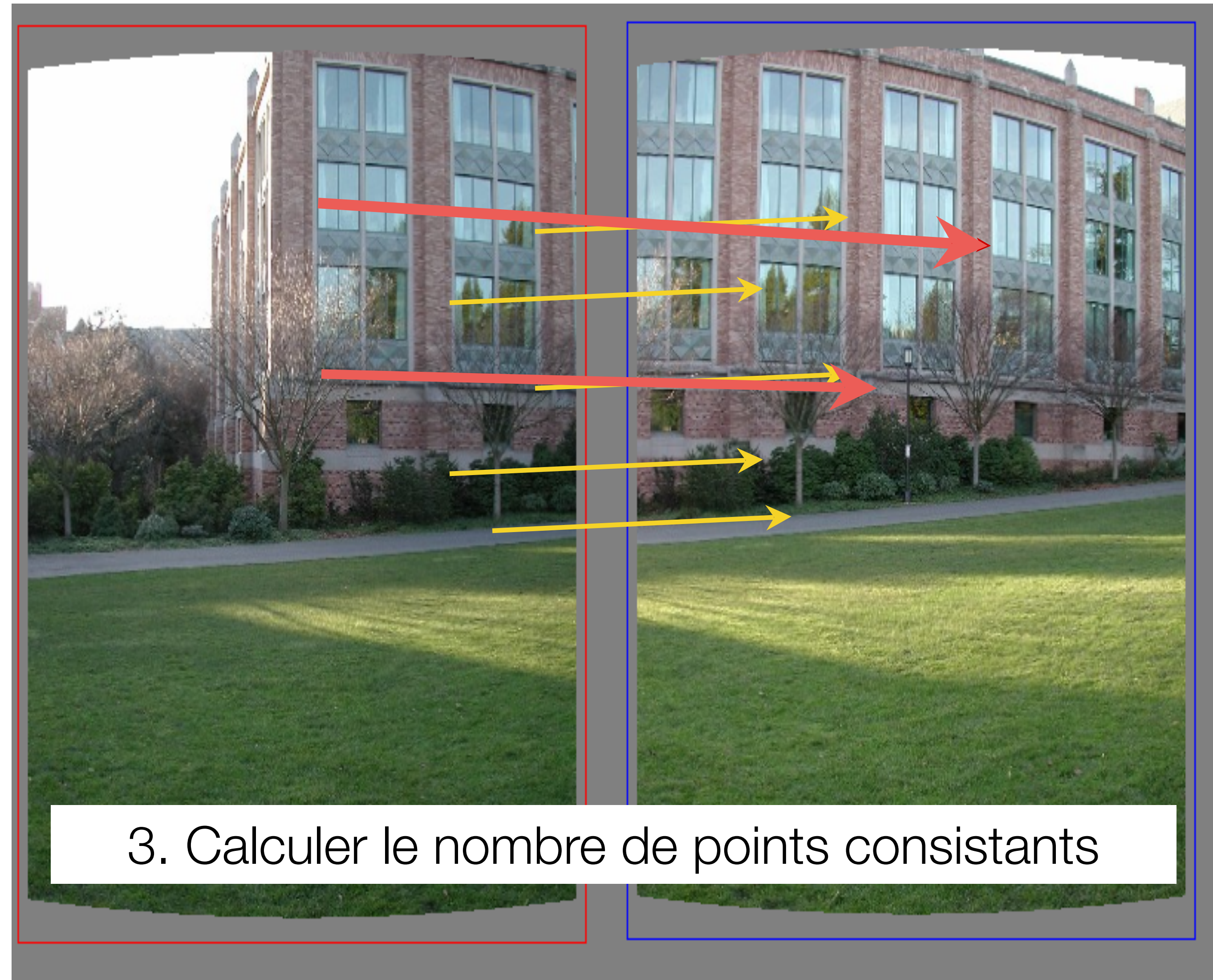
« Random Sample Consensus » (RANSAC)



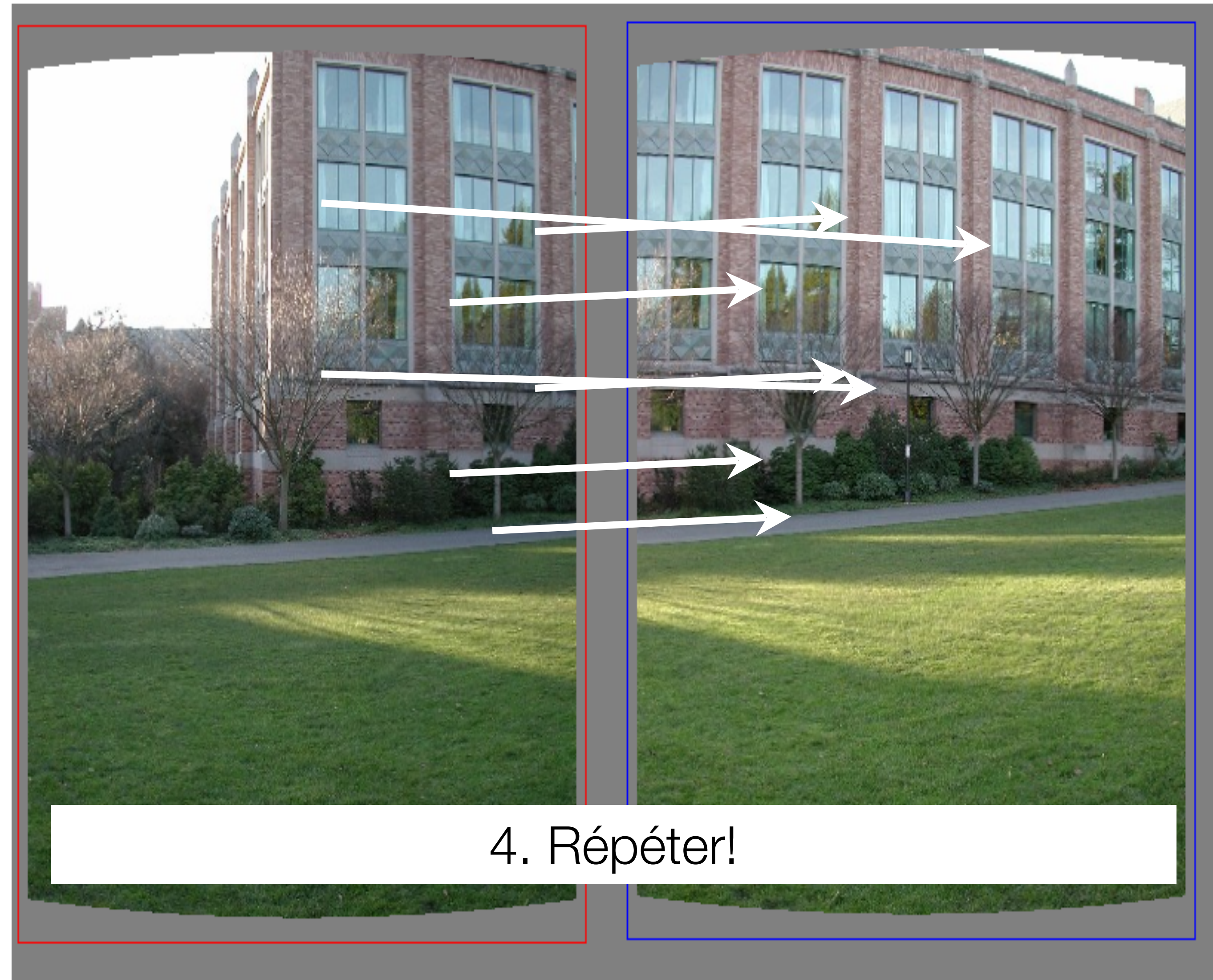
« Random Sample Consensus » (RANSAC)



« Random Sample Consensus » (RANSAC)



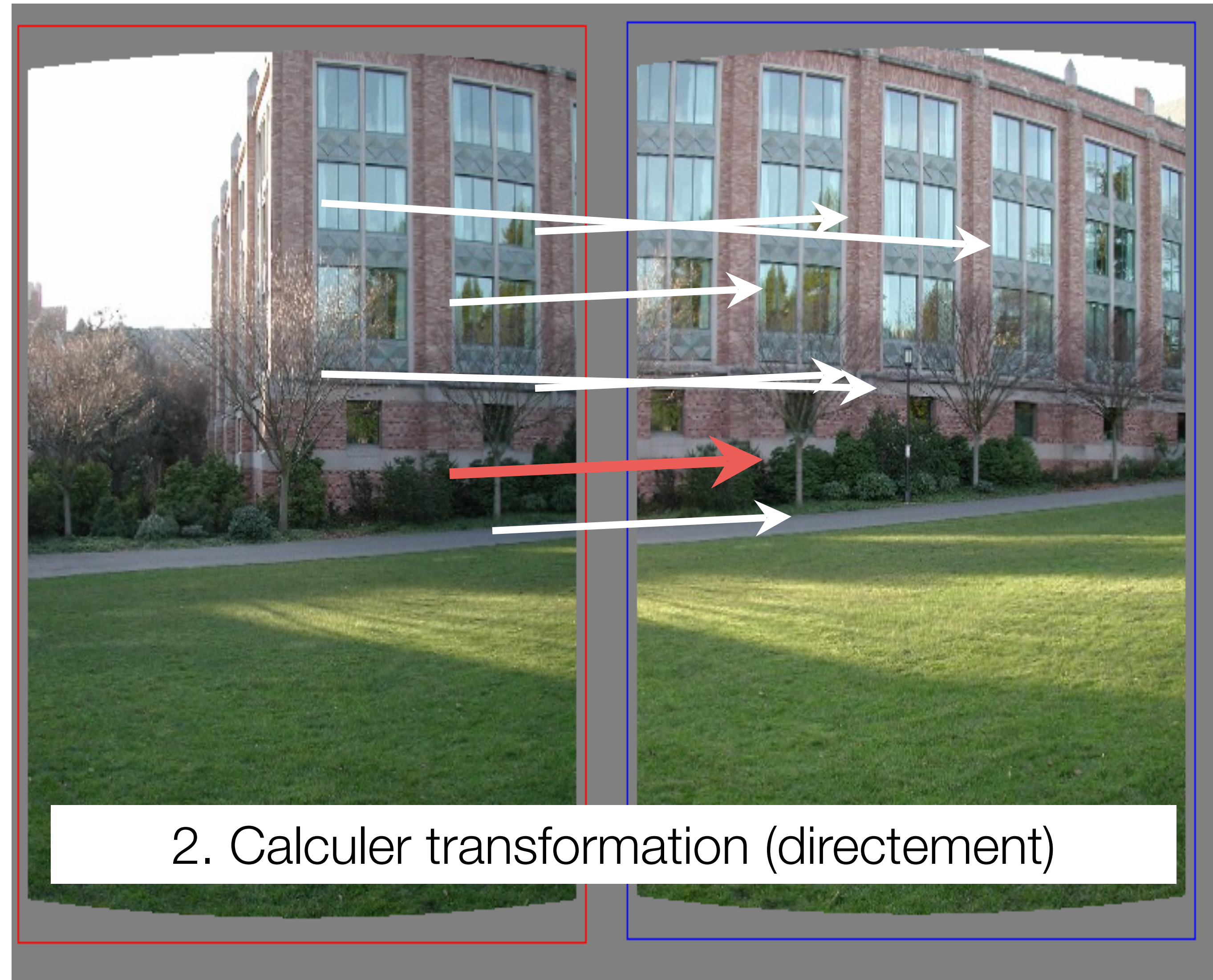
« Random Sample Consensus » (RANSAC)



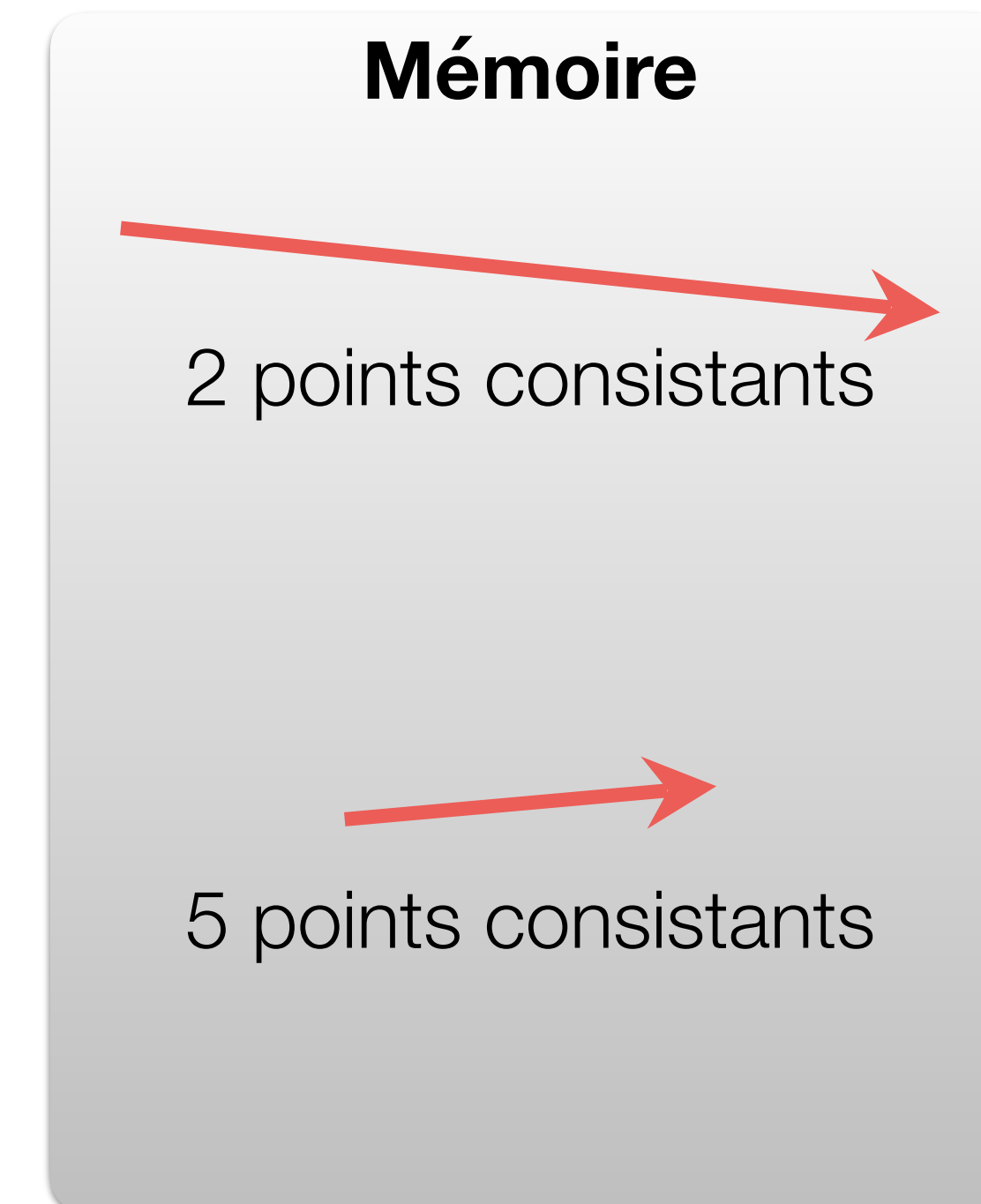
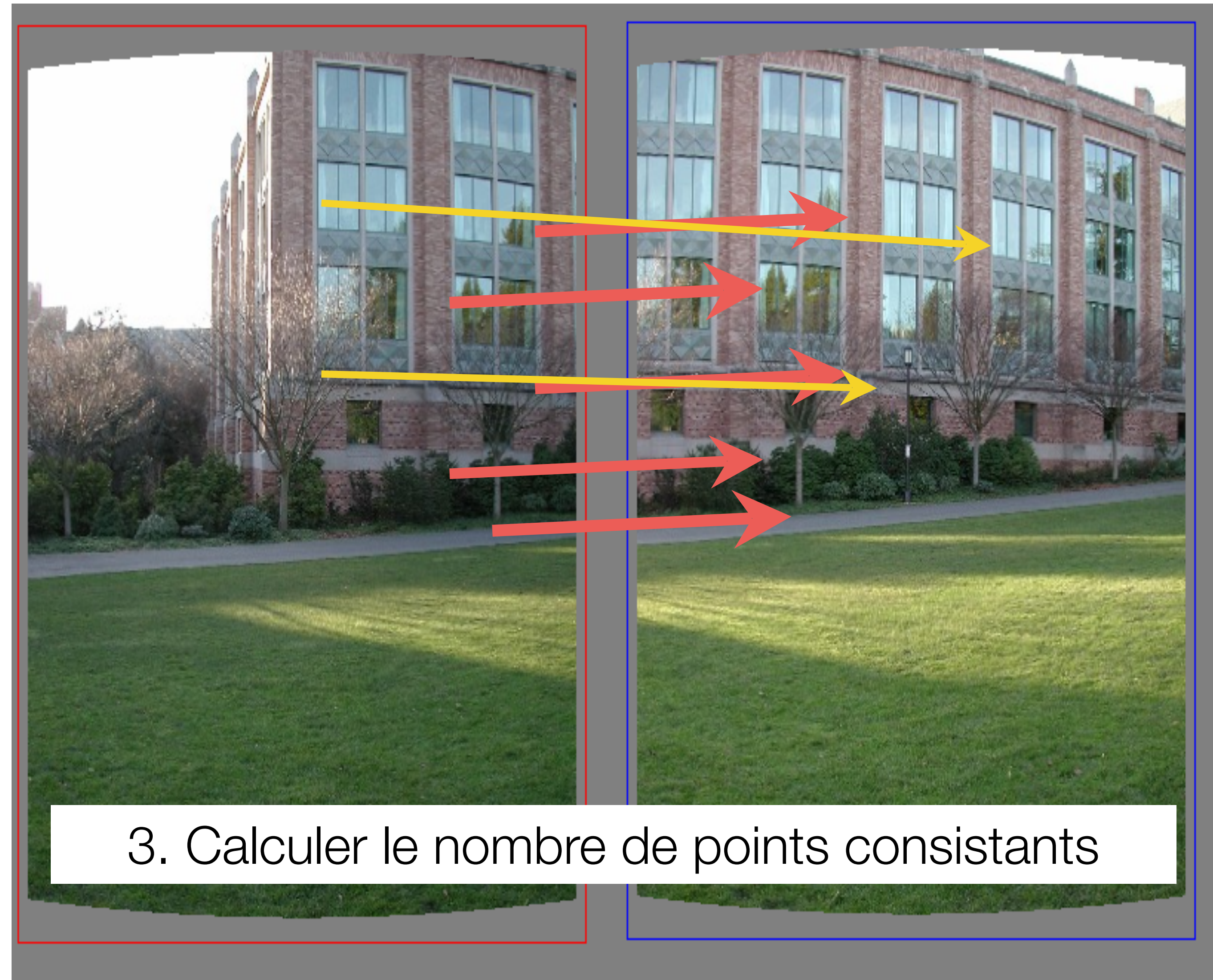
« Random Sample Consensus » (RANSAC)



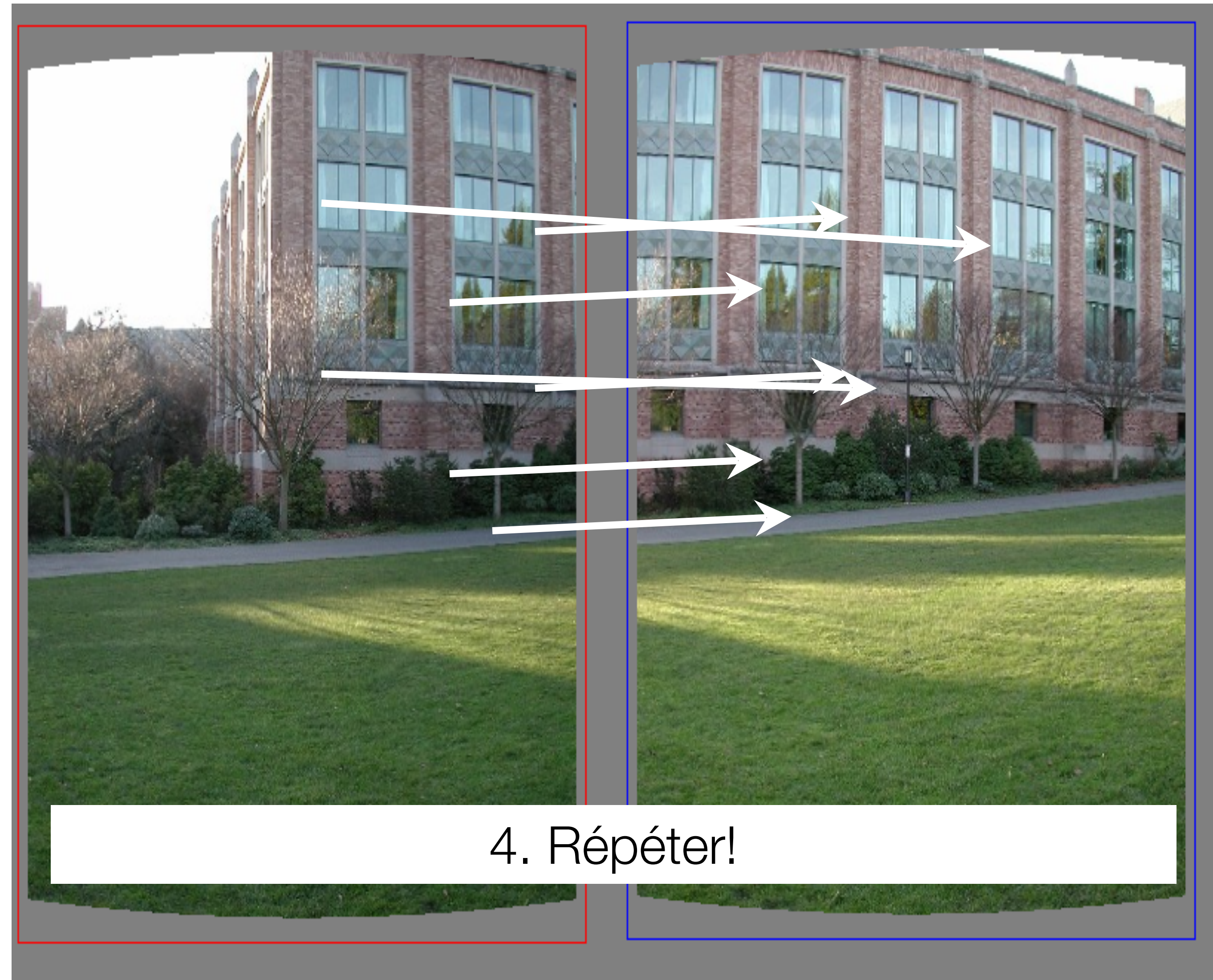
« Random Sample Consensus » (RANSAC)



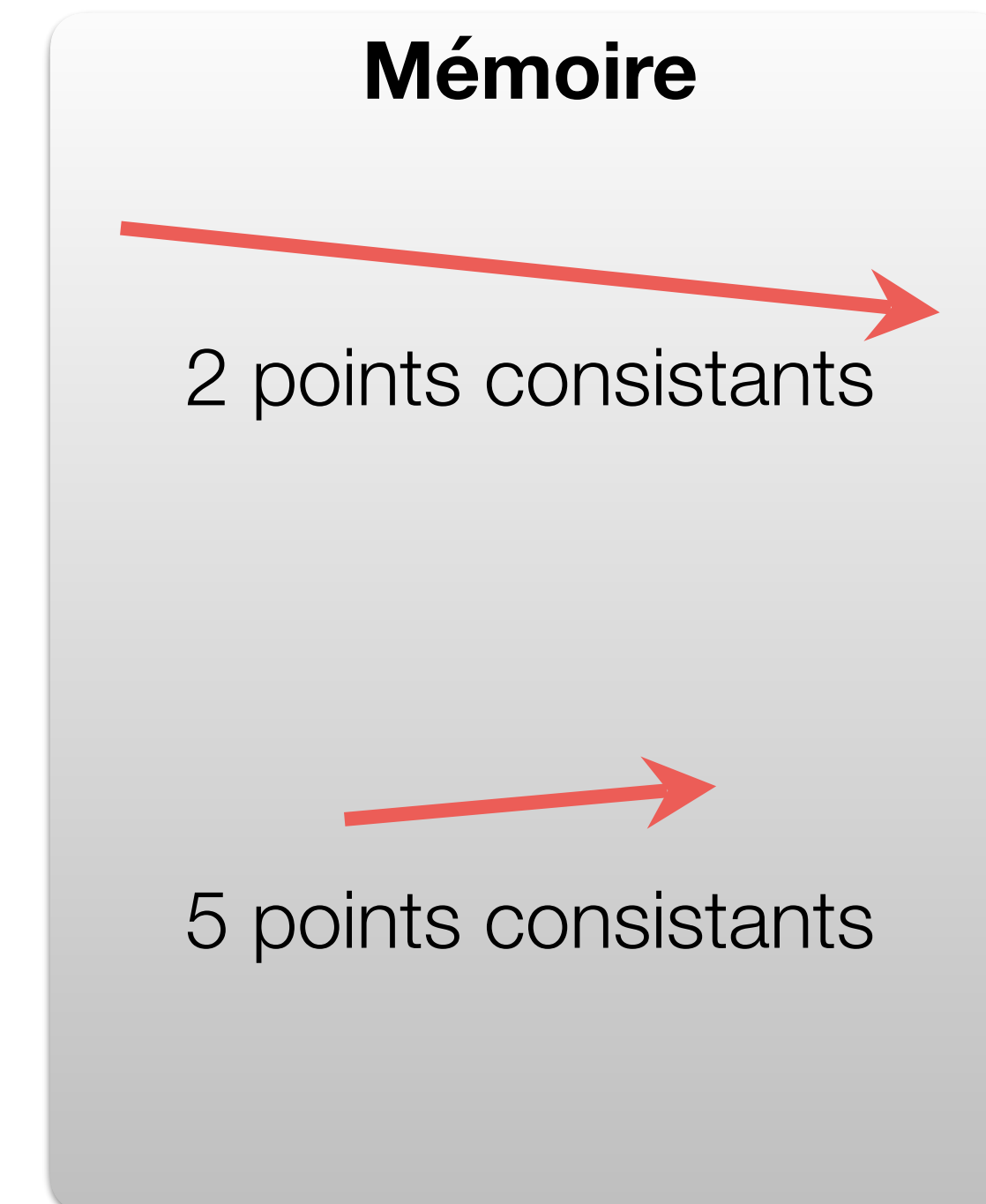
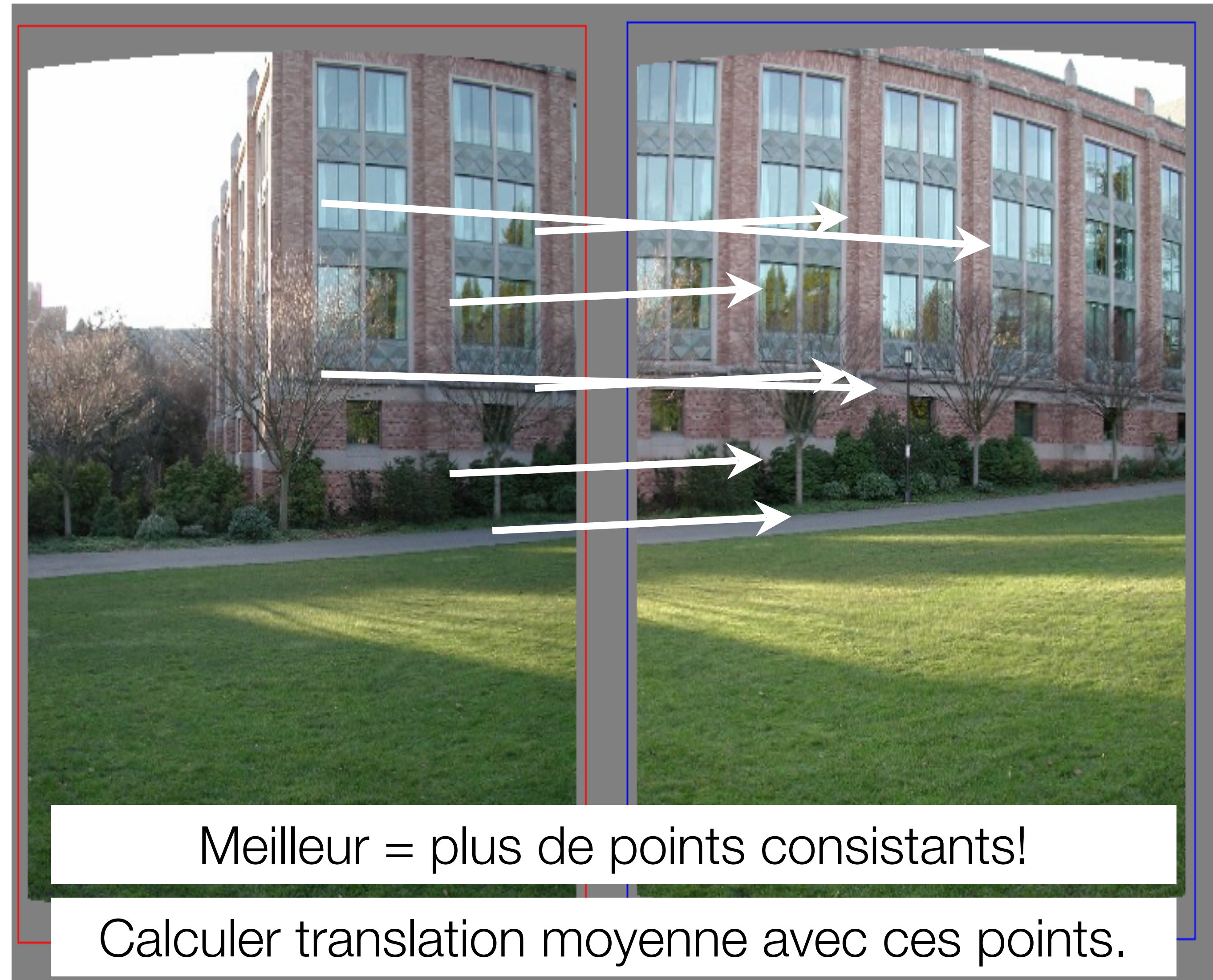
« Random Sample Consensus » (RANSAC)



« Random Sample Consensus » (RANSAC)



« Random Sample Consensus » (RANSAC)



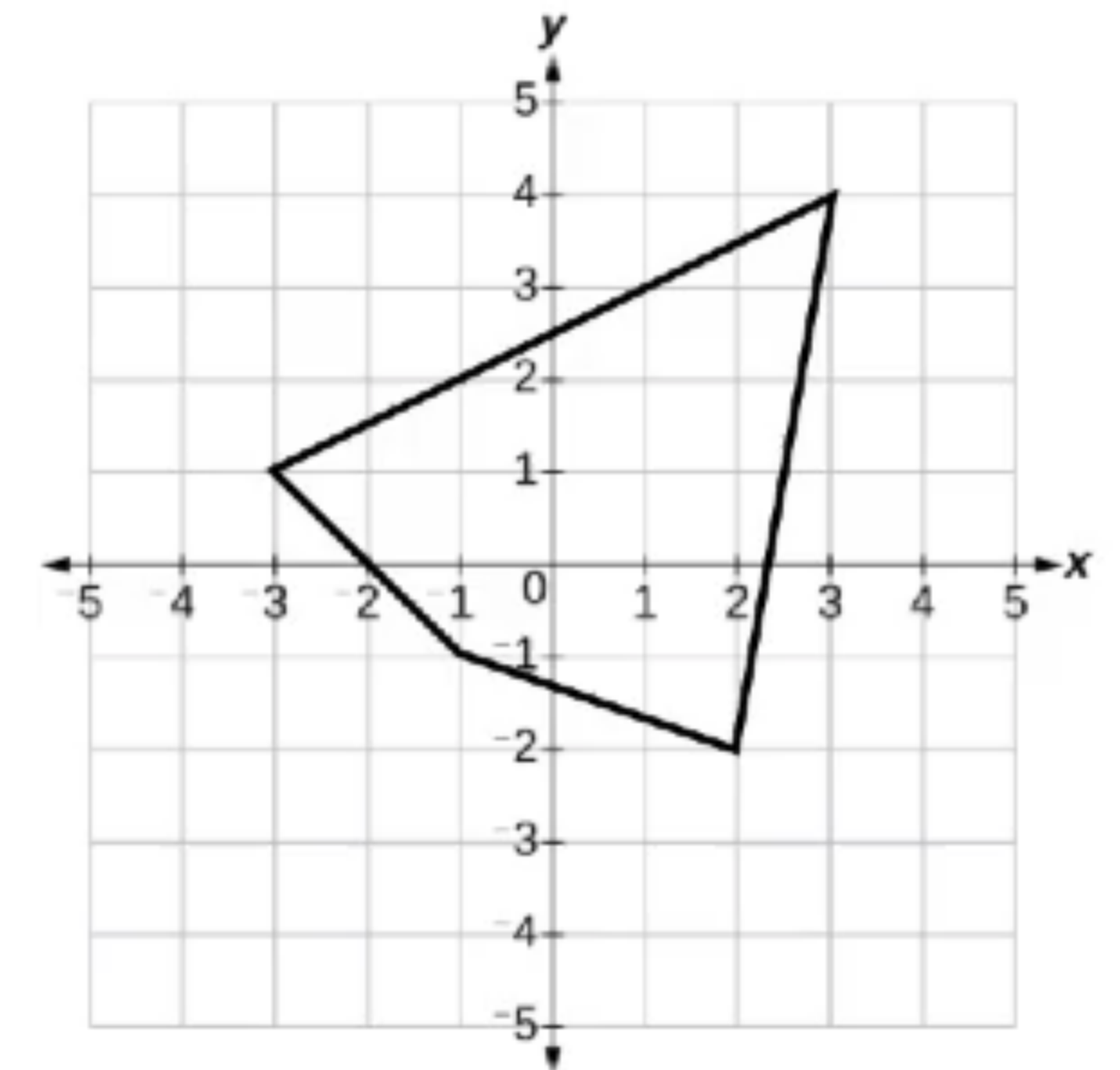
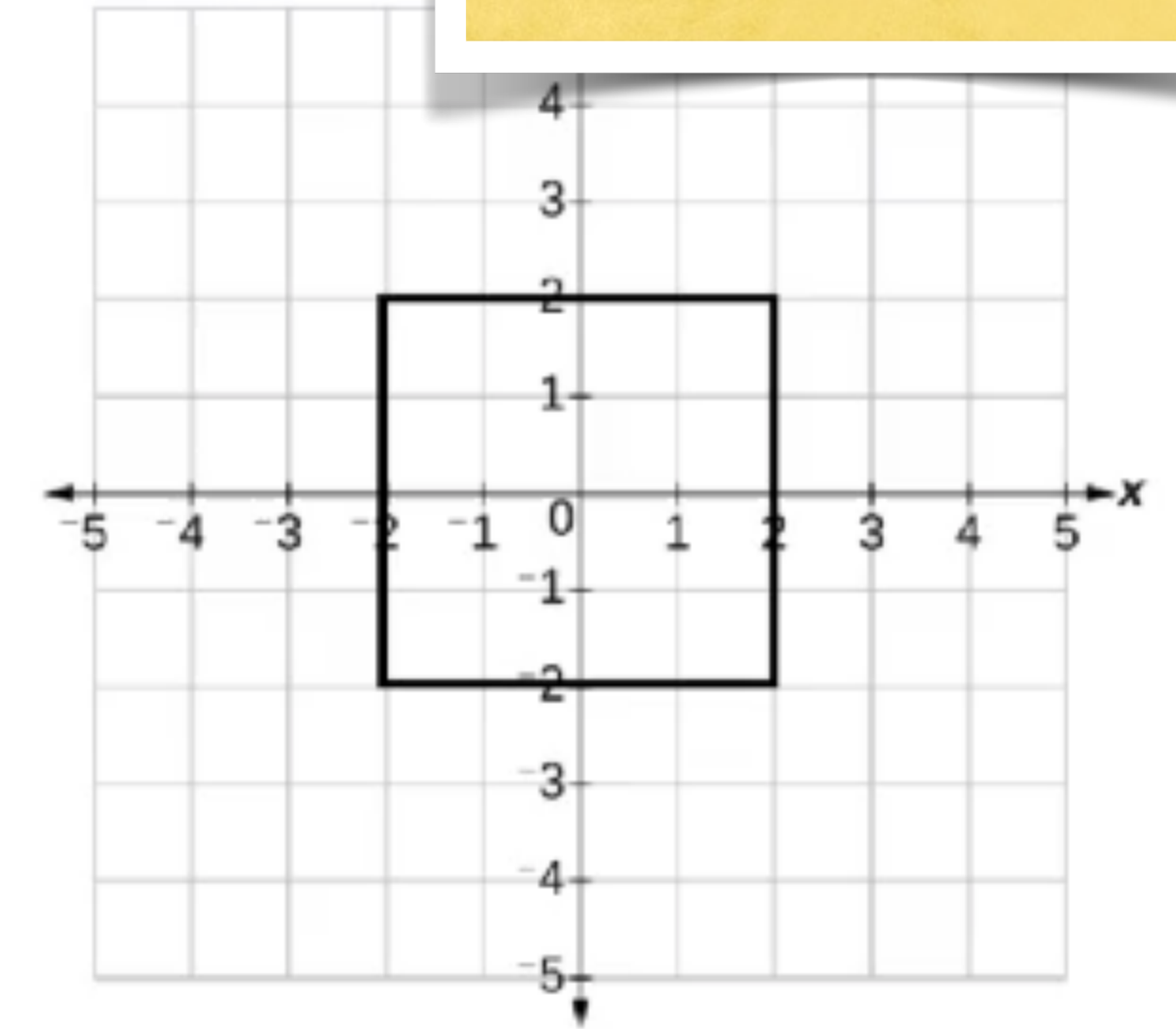
RANSAC pour homographies

- Pour N itérations:
 - Sélectionner points d'intérêt au hasard (combien?)
 - Calculer l'homographie $\mathbf{H}$
 - Calculer le nombre de points consistants (où $\text{SSD}(\mathbf{p}', \mathbf{H}\mathbf{p}) < \epsilon$)
- Garder l'itération qui correspond au plus grand nombre de points consistants
- Re-calculer $\mathbf{H}$ avec la SVD pour tous les points consistants
 - Il suffit de rajouter plus de lignes dans la matrice A (dans $A\mathbf{h} = 0$)

Calculer l'homographie à partir de 8 points

$$\begin{bmatrix} wx' \\ wy' \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

Rappel!



RANSAC

