

Mosaïques d'images



Dyanne Williams

GIF-4105/7105 Photographie Algorithmique
Jean-François Lalonde

Pourquoi les mosaïques?

- Qu'est-ce qu'on voit?
 - CdV d'une caméra standard = $50 \times 35^\circ$



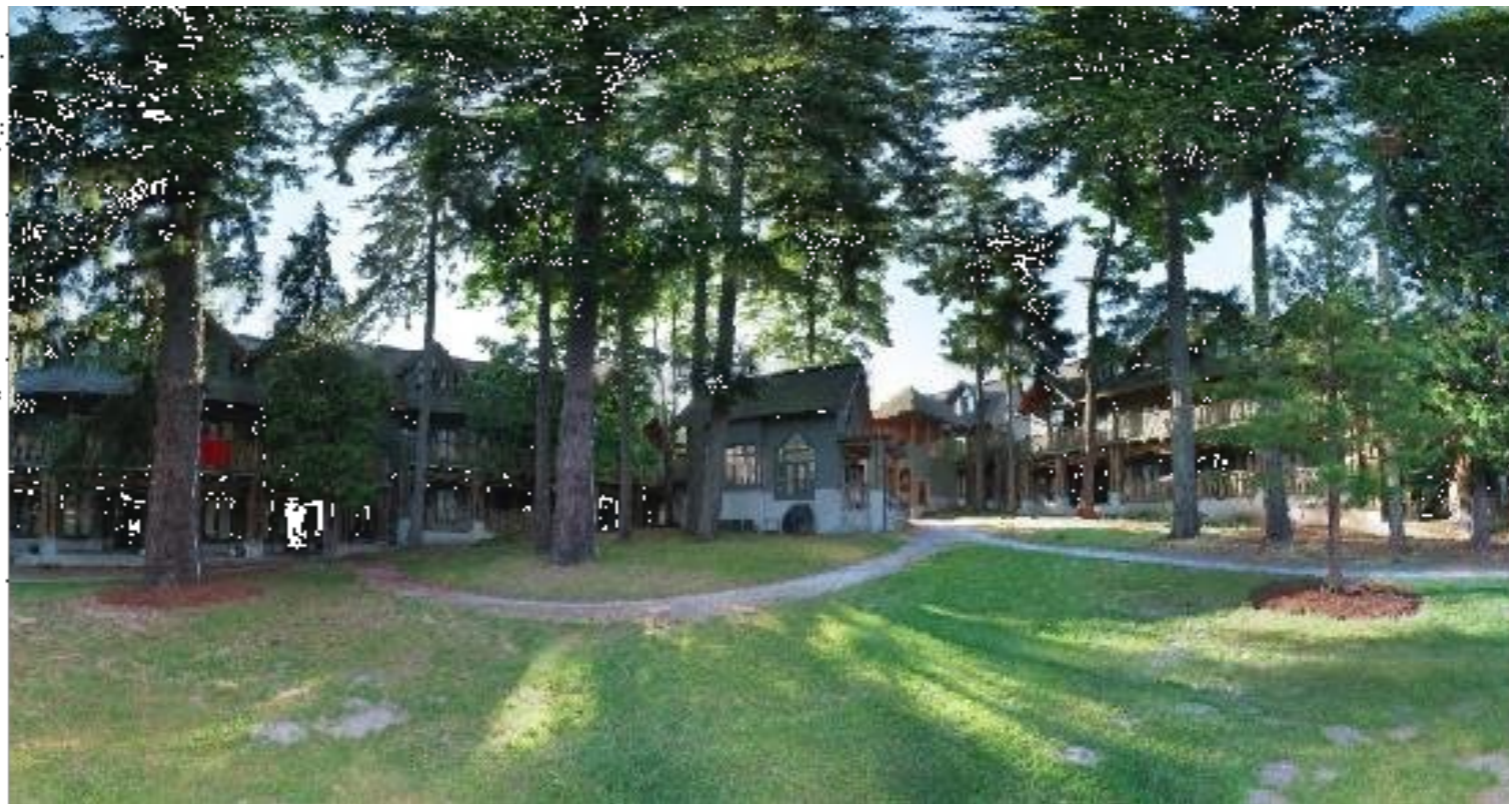
Pourquoi les mosaïques?

- Qu'est-ce qu'on voit?
 - CdV standard = $50 \times 35^\circ$
 - CdV d'un humain = $190 \times 135^\circ$

95° vers l'extérieur
(+ 45° avec rotation)

190° (~280° avec rotation)

selon wikipedia



Pourquoi les mosaïques?

- Qu'est-ce qu'on voit?
 - CdV standard = $50 \times 35^\circ$
 - CdV d'un humain = $200 \times 135^\circ$
 - CdV total = $360 \times 180^\circ$



Mosaïque: fusionner les images



caméra virtuelle à large champ de vue

Mosaïque naïve



gauche par-dessus

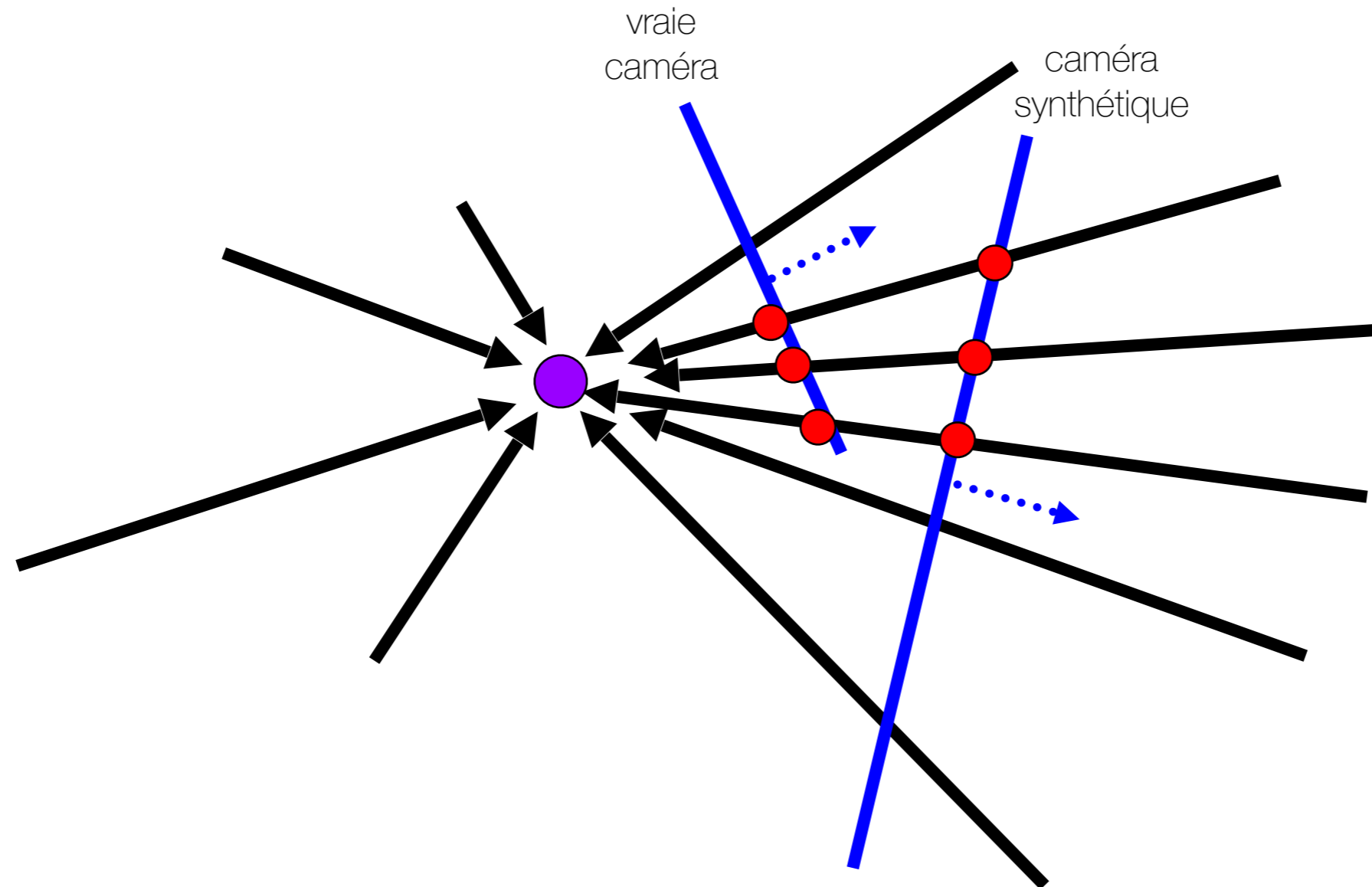
droite par-dessus



Translations insuffisantes pour aligner les images!

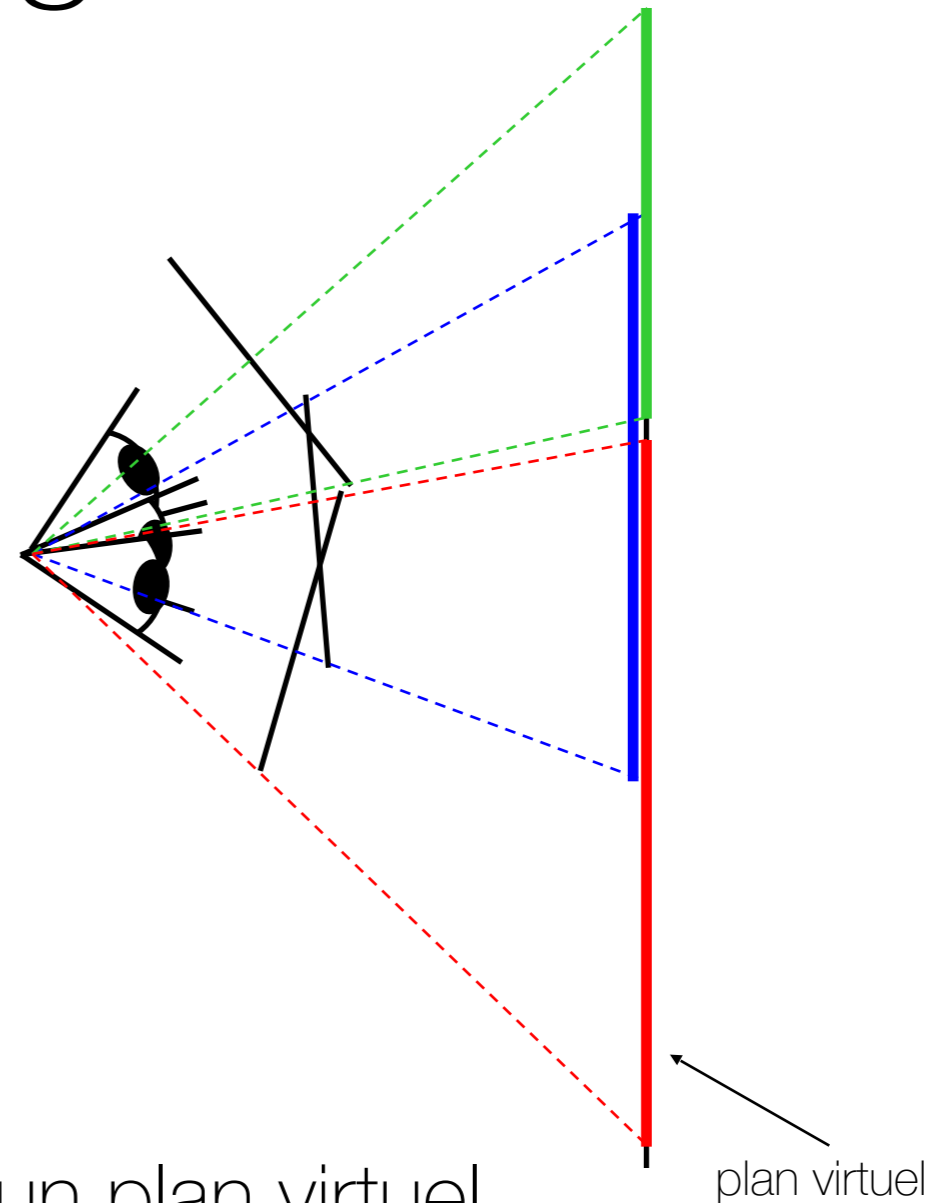


Un pinceau de rayons capture toutes les vues



Nous pouvons générer n'importe quelle caméra synthétique
(tant que le centre de projection soit le même)

Re-projection d'images



- Interprétation en 3D:
 - Les images sont re-projetées sur un plan virtuel
 - Une mosaïque: caméra virtuelle à large champ de vue

Comment faire?

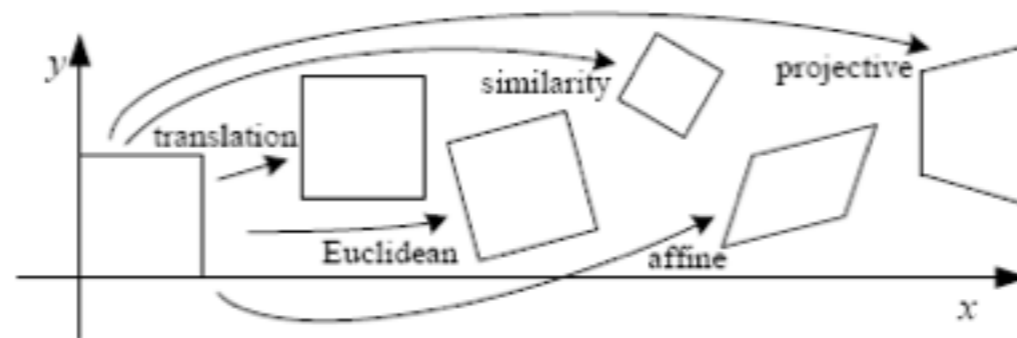
- Algorithme de base:
 - Prendre une séquence de photos à partir de la même position
 - (garder le même centre de projection)
 - Calculer transformation entre la deuxième image et la première
 - Transformer la deuxième image pour l'aligner avec la première
 - Fusionner les deux images
 - Répéter pour toutes les images
- Une seconde...
 - On n'utilise pas la géométrie 3D de la scène??

Géométrie de la scène?

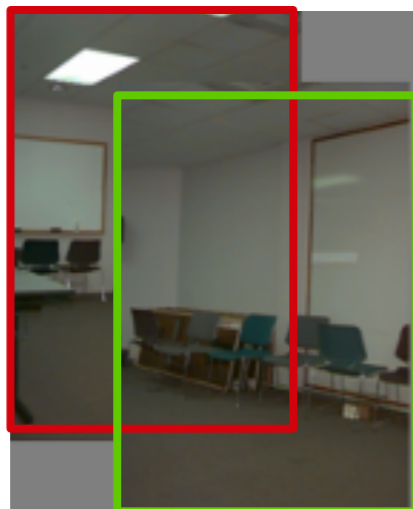
- Au tableau

De retour à la transformation d'images

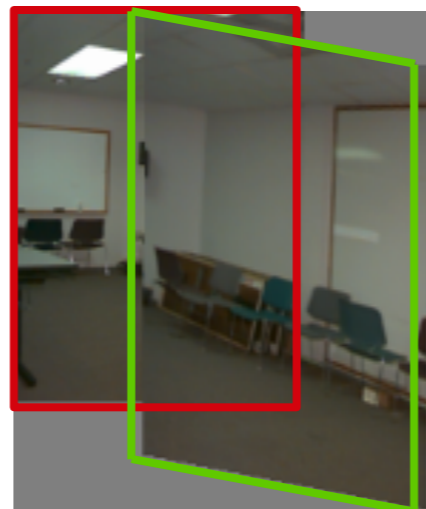
Quelle est la bonne transformation?
translation, affine, projective?



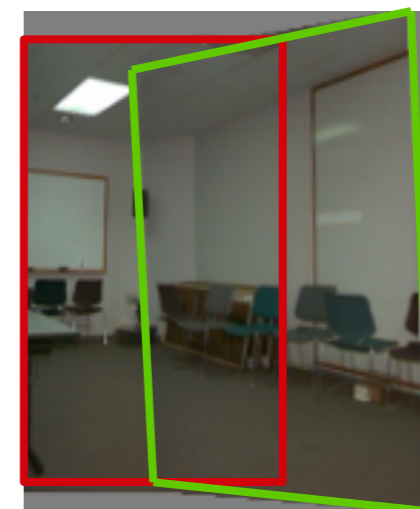
Translation



Affine

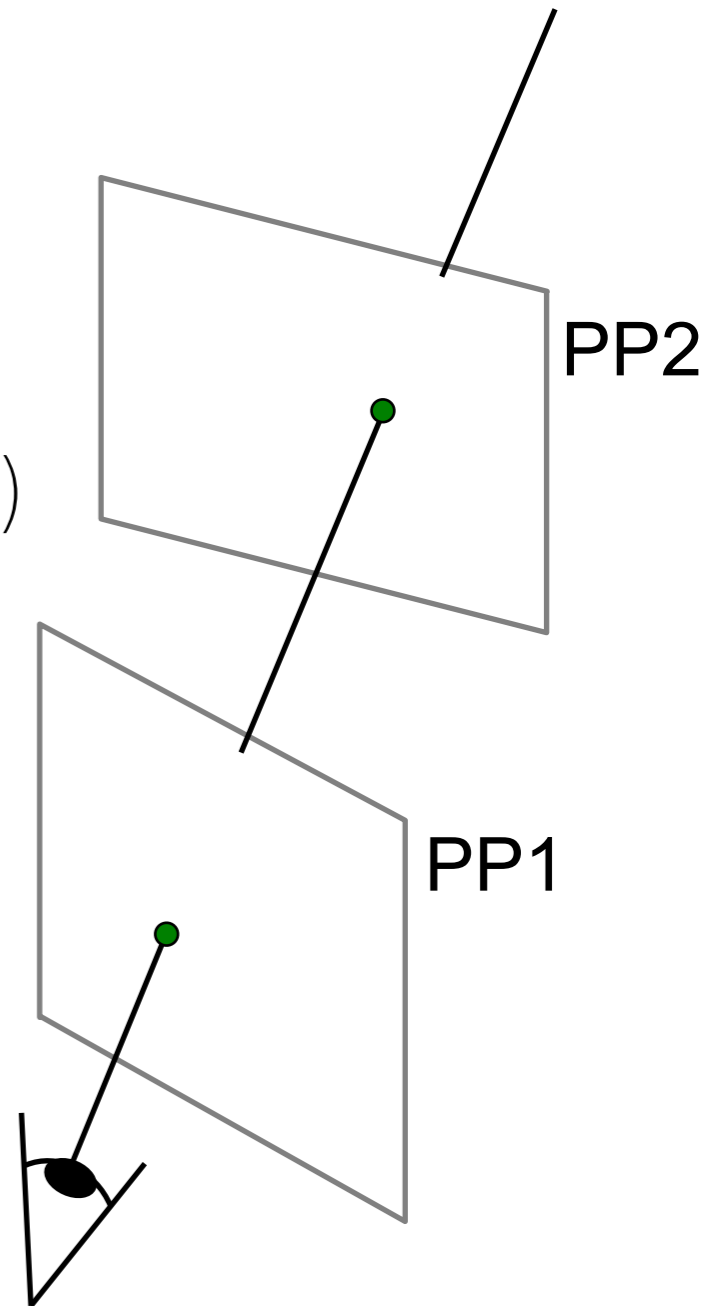


Perspective



Homographies

- Réponse: Projective!
- Transformation entre deux caméras ayant le même centre de projection
- transformation entre deux plans (quadrilatères)
- on perd le parallélisme
- mais les droites sont préservées

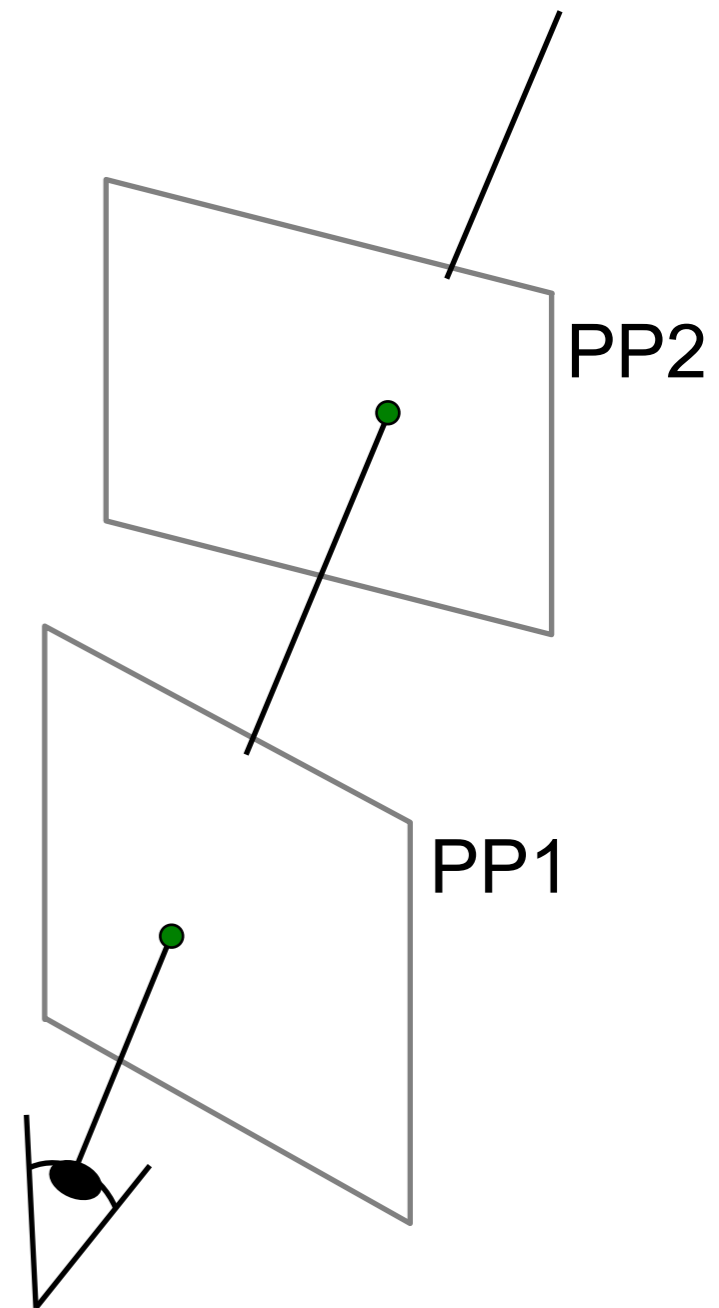


Homographies

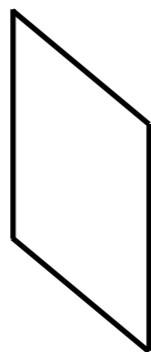
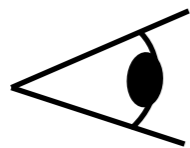
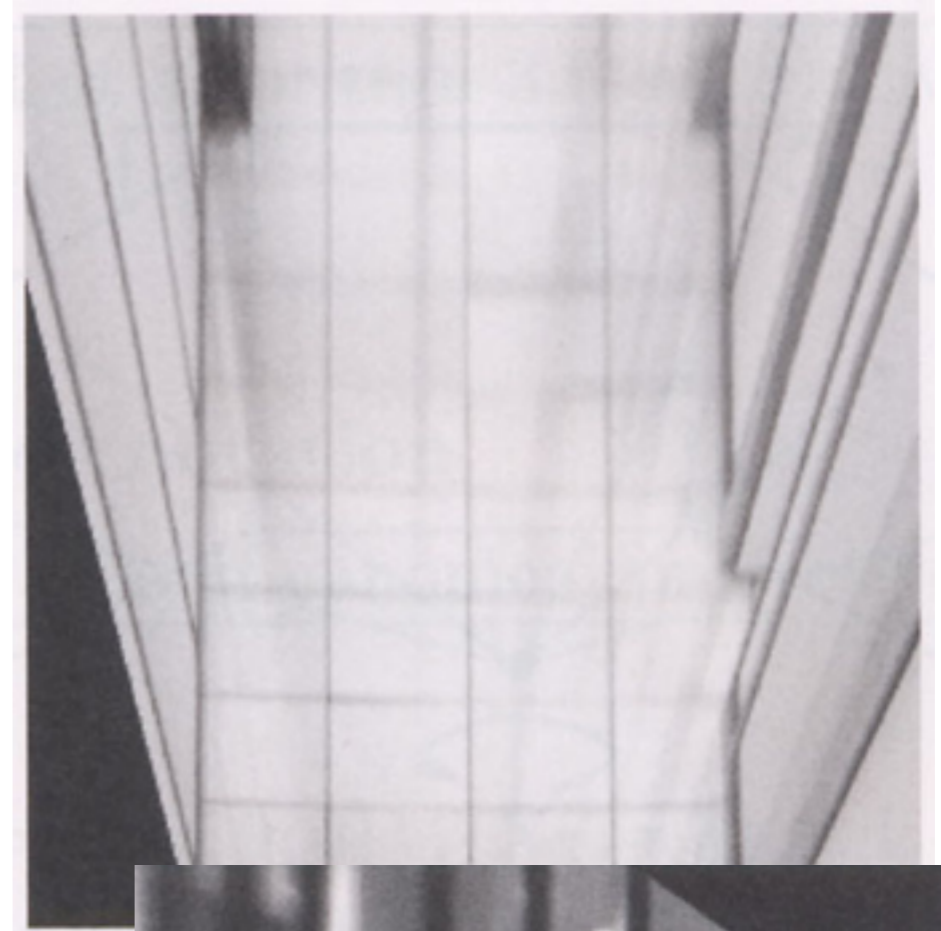
$$\begin{bmatrix} wx' \\ wy' \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

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

- Pour appliquer une homographie H
 - Calculer $p' = Hp$ (en coordonnées homogènes)
 - Convertir p' en coordonnées dans l'image

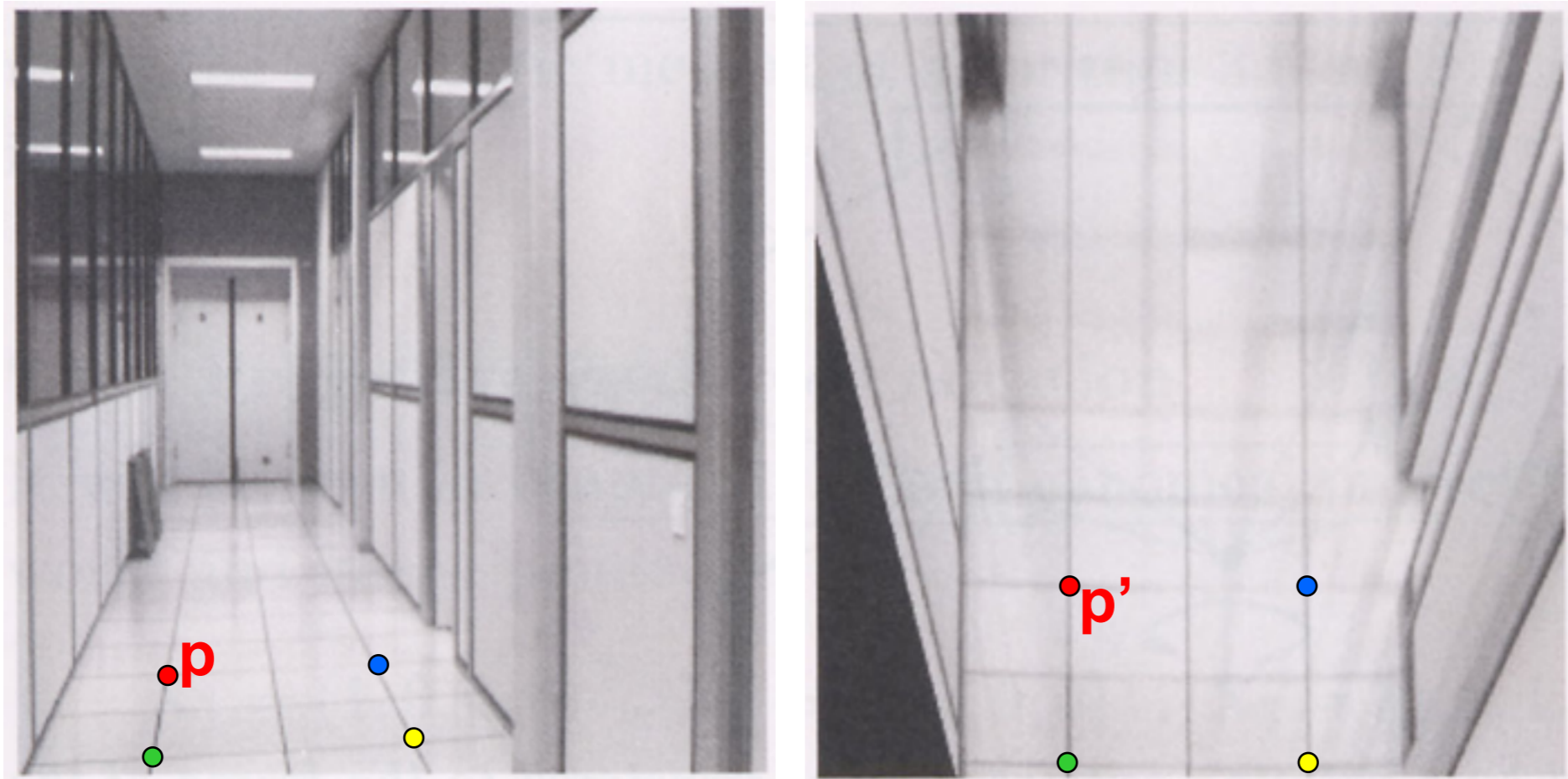


Homographies



plan de l'image en avant

Rectification d'images



- Calculer l'homographie H entre p et p'
 - Combien de correspondances?
- Transformer l'image selon H
 - En pratique, partir de l'image de destination, et appliquer $\text{inv}(H)$
- Comment trouver H ?

Systeme d'equations lineaires

- Prenons des paires de points (x_1, x_1') , (x_2, x_2') , (x_3, x_3') , etc.
 - par exemple: grandeur vs poids
- Nous voulons predire les x' en fonction des x avec une formule compacte (une ligne): $ax + b = x'$
- Nous voulons determiner a et b
- Combien de paires (x, x') avons-nous besoin?

$$\begin{array}{l} ax_1 + b = x'_1 \\ ax_2 + b = x'_2 \end{array} \quad \begin{bmatrix} x_1 & 1 \\ x_2 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x'_1 \\ x'_2 \end{bmatrix}$$

Moindres carrés — exemple

- Que faire s'il y a du bruit dans les données?
 - Plus de correspondances (système sur-contraint)
 - Trouver a et b qui minimisent la somme des erreurs au carré
- '\ ' dans matlab
 - minimise la somme des erreurs au carré si le système est sur-contraint (plus d'équations qu'il y a d'inconnues)

$$\begin{bmatrix} x_1 & 1 \\ x_2 & 1 \\ \vdots & \vdots \\ x_n & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x'_1 \\ x'_2 \\ \vdots \\ x'_n \end{bmatrix} \quad \min \|\mathbf{Ax} - \mathbf{b}\|^2$$

Revenons à nos homographies...

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

- Facteur d'échelle, $i=1$
 - 8 inconnues, donc 8 équations sont nécessaires
- Écrire système d'équations linéaires $Ah = b$
 - Résoudre pour trouver h
- Si on a plus que 4 correspondances
 - Minimiser la somme des différences au carré
- Dans les deux cas, '\' est votre ami
 - Voir "help ldivide" dans Matlab

Systeme d'équations linéaires

- Tableau...

On s'amuse avec les homographies

Image originale



Caméra virtuelles

St.Petersburg
photo: A. Tikhonov



Analyse d'oeuvres d'art

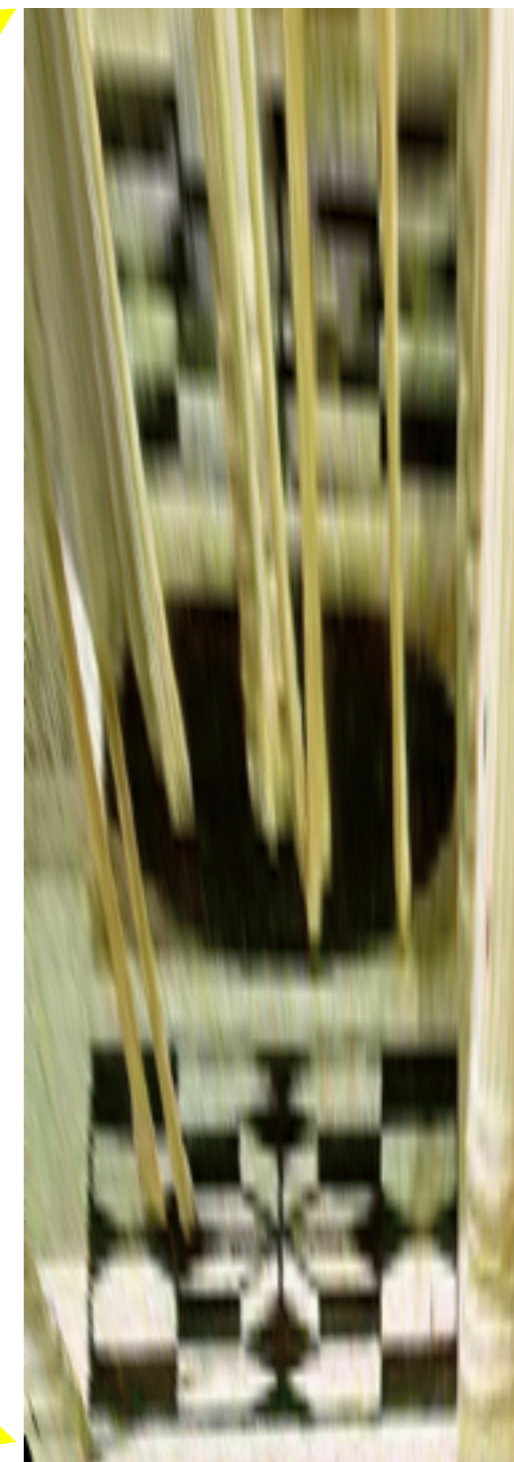
Quelle est la forme du carrelage sur le sol?



Homographie



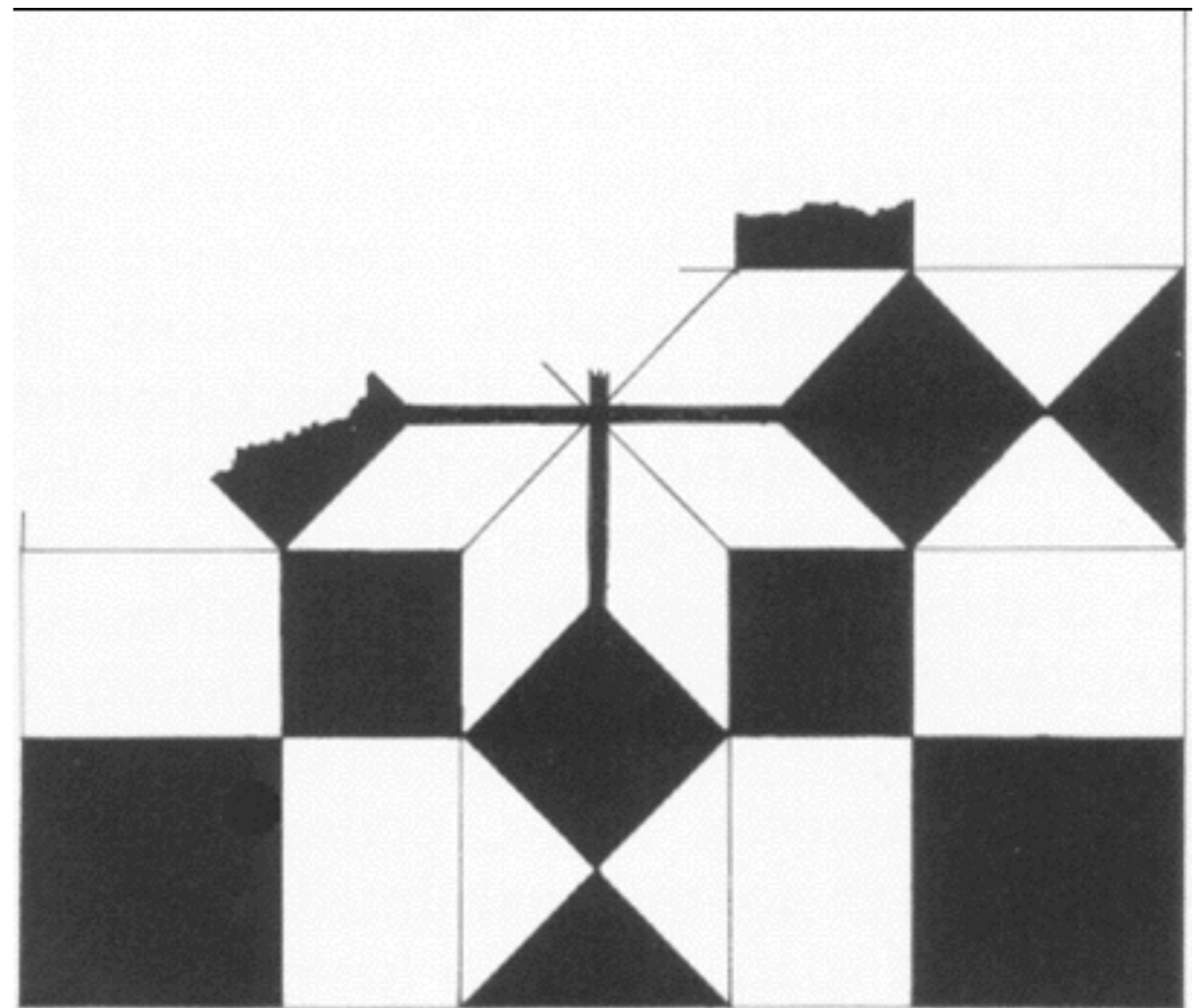
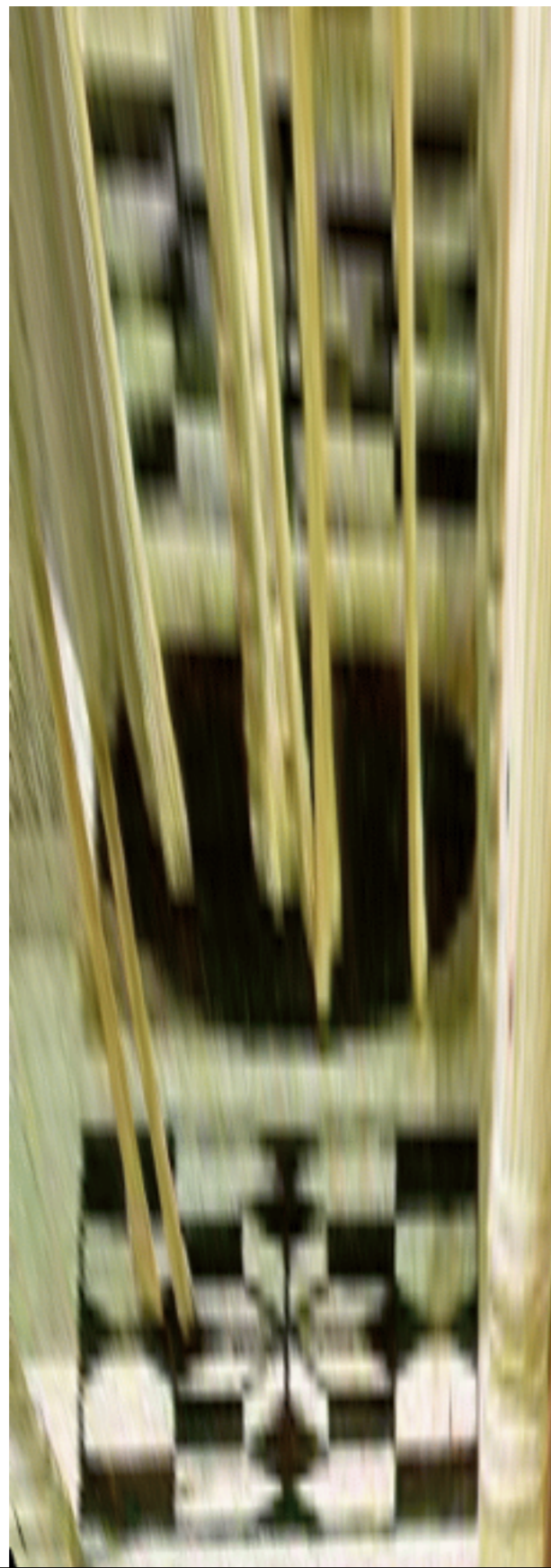
Version agrandie



Version rectifiée

Analyse d'oeuvres d'art

Rectification automatique

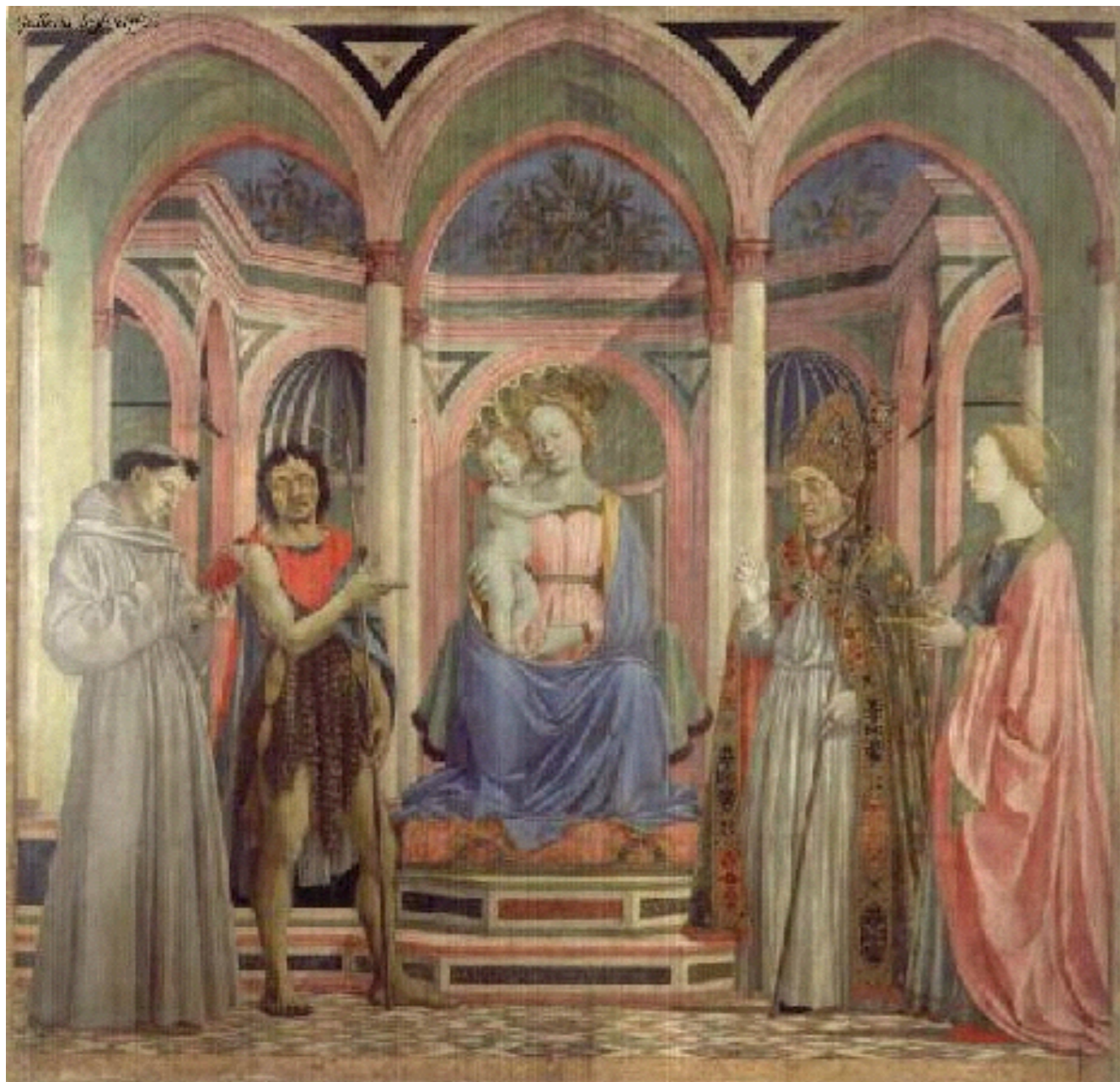


de: Martin Kemp, "The Science of Art"
(reconstruction manuelle)

une deuxième forme est découverte!

Analyse d'oeuvres d'art

Quelle est la forme du carrelage?



St. Lucy Altarpiece, D. Veneziano



Image rectifiée

Analyse d'oeuvres d'art



Automatique



Martin Kemp, The Science of Art
(reconstruction manuelle)

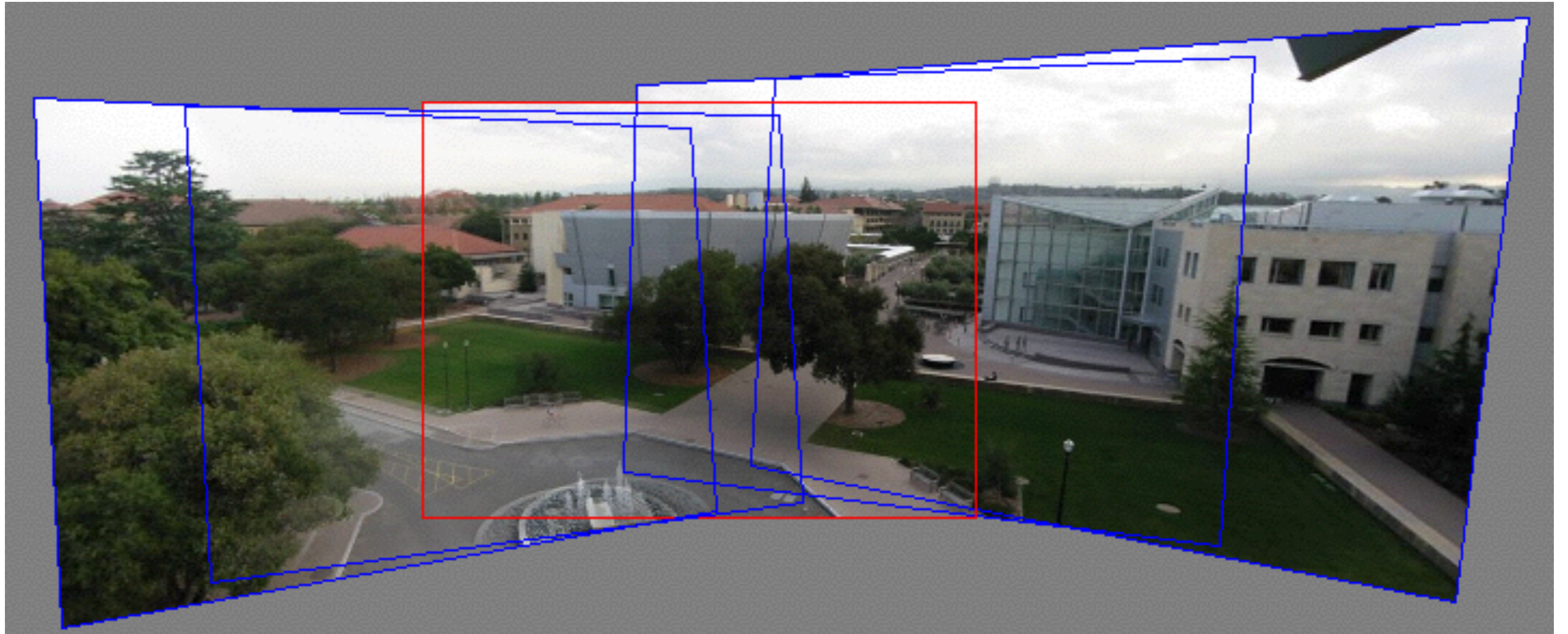
Julian Beever: Homographies manuelles



Holbein, The Ambassadors



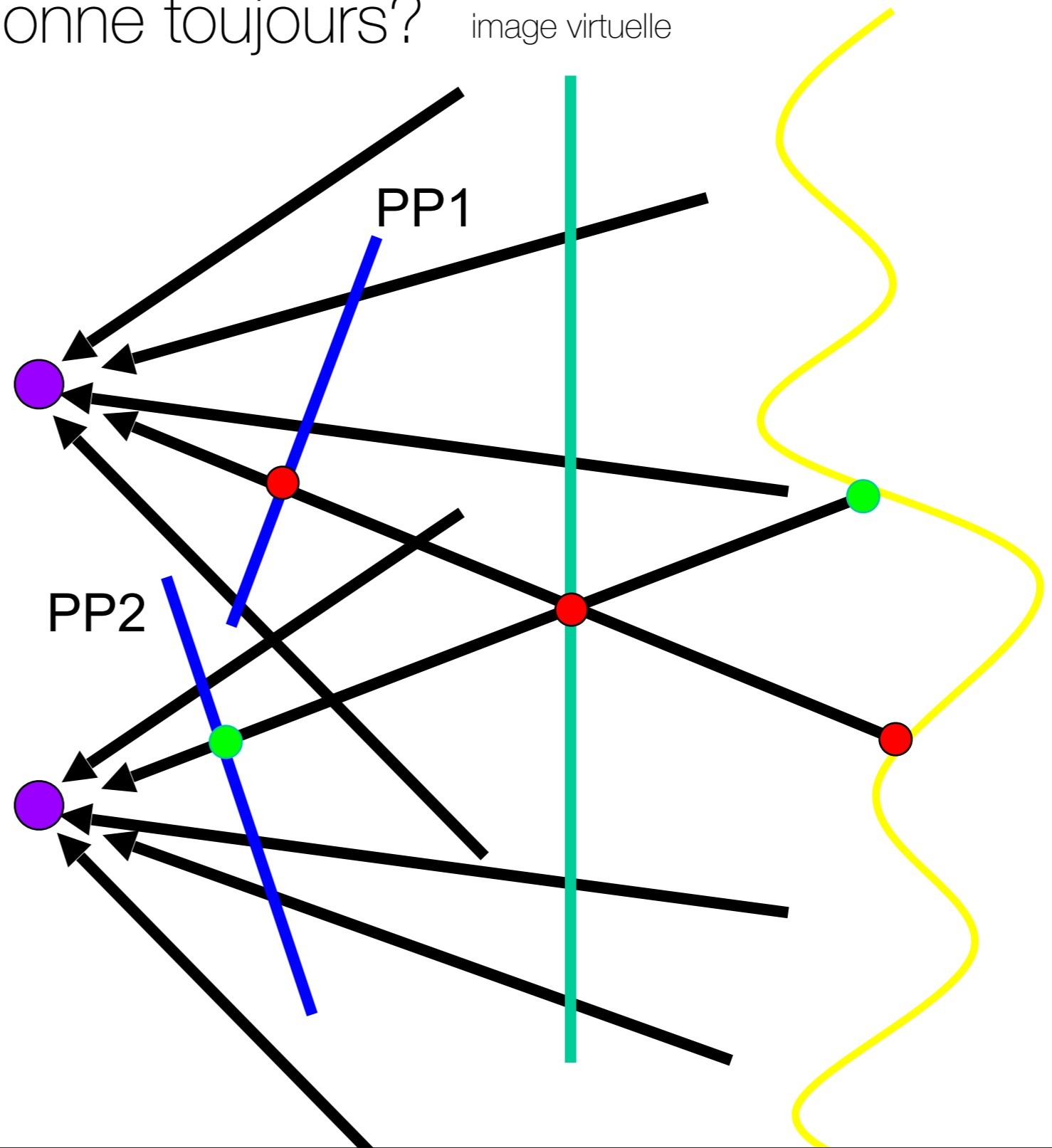
Panoramas



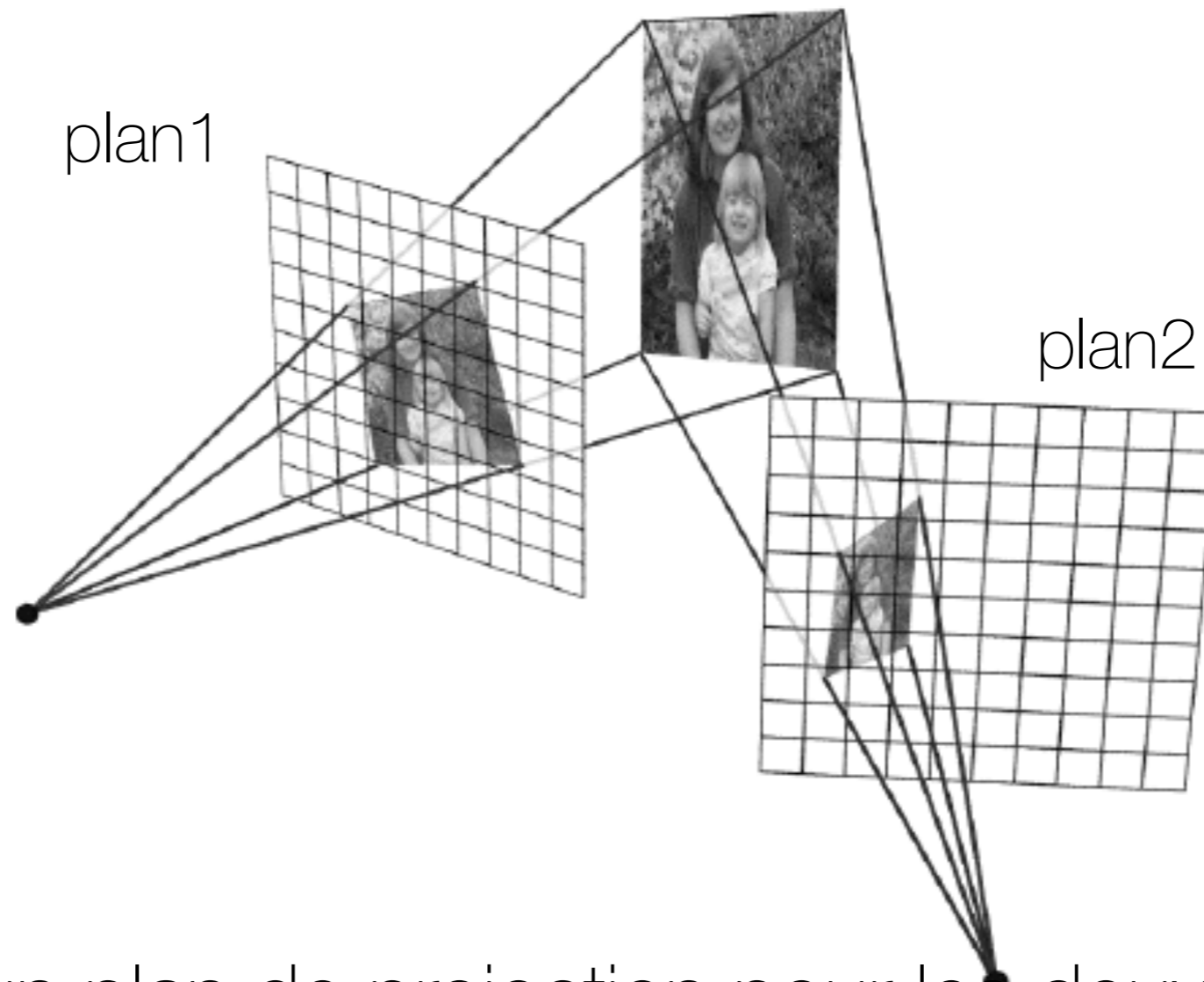
- Commence avec une image (rouge)
- Aligner les autres images (une par une)
- Composer les images

Modifions le centre de projection

- Est-ce que ça fonctionne toujours? image virtuelle

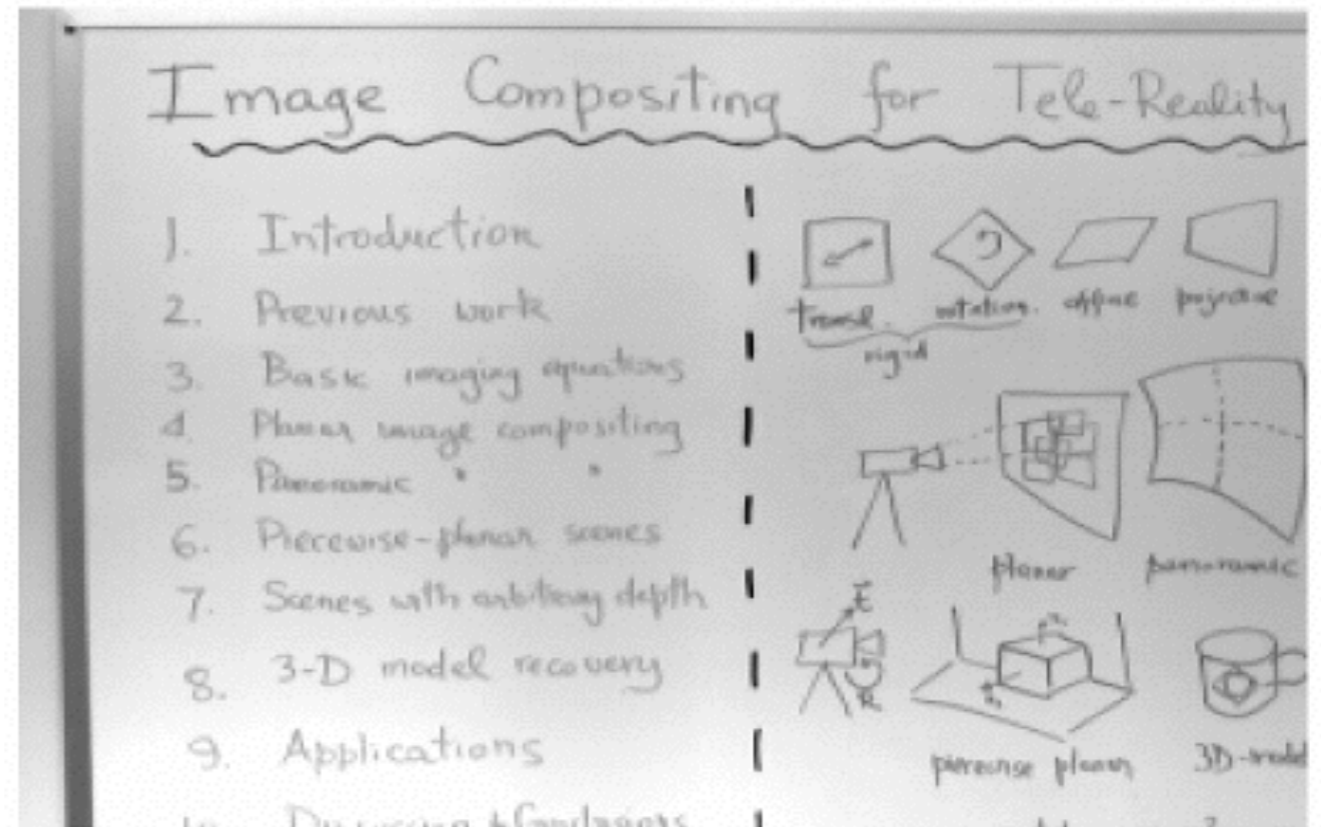
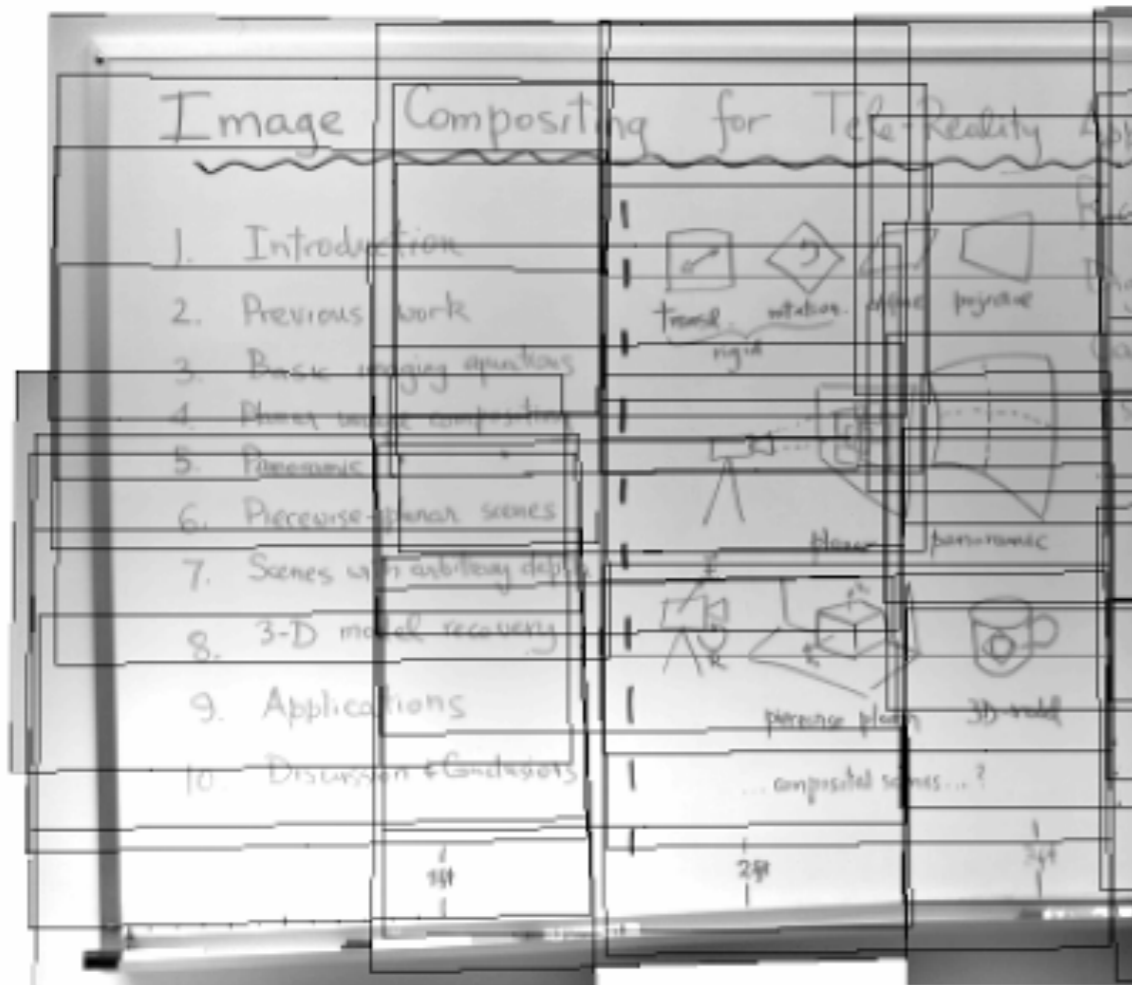


Scène planaire (ou lointaine)

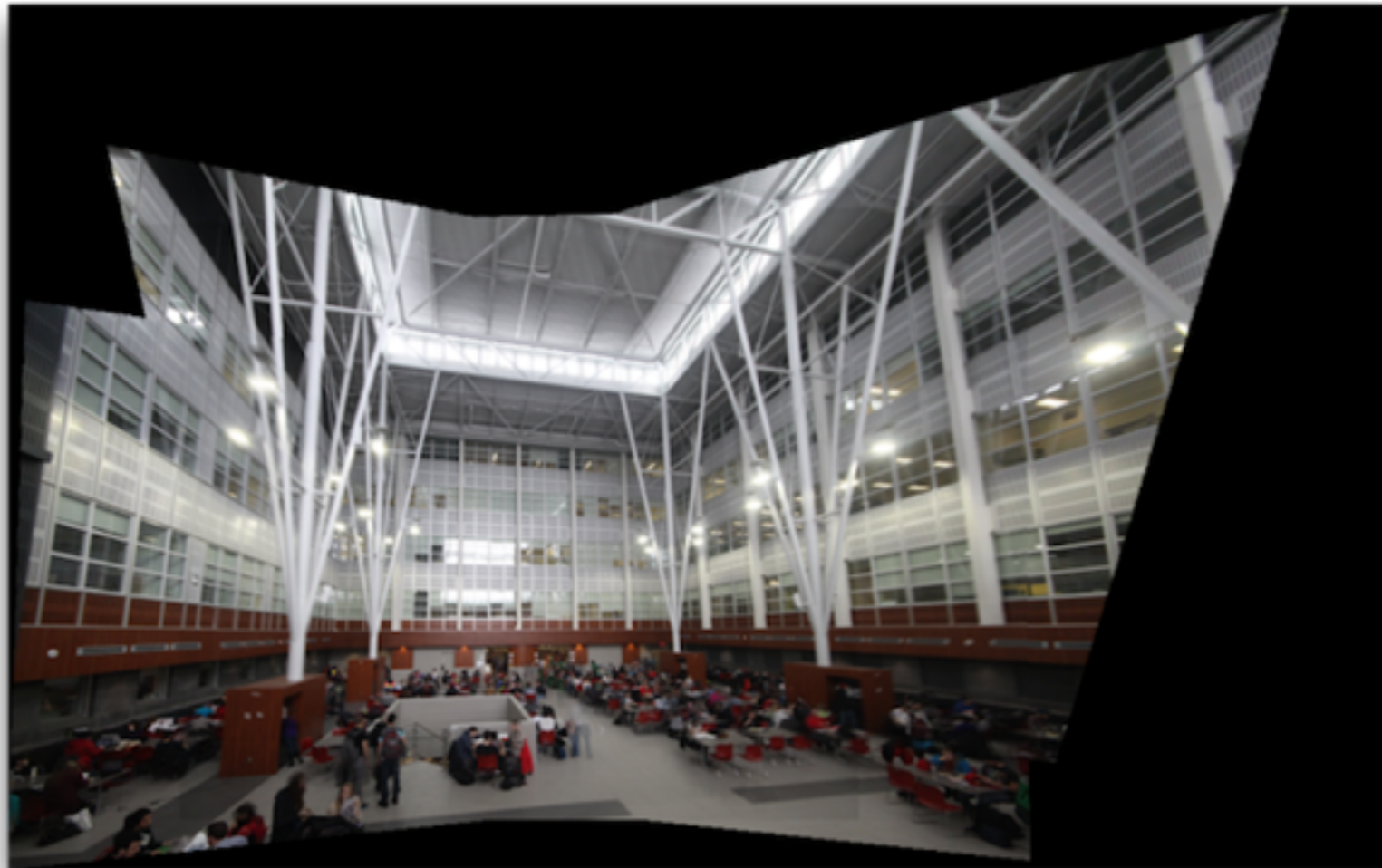


- plan3 est un plan de projection pour les deux centres, alors ok!
- photographies aériennes

Mosaïque planaire



TP4



TP4

- Homographies et mosaïques
- Partie 1: définir les correspondances manuellement
 - calculer les homographies
 - déformer les images
 - générer 3 mosaïques
- Partie 2: trouver les correspondances automatiquement

TP4 — crédits supplémentaires

- Prenez vos propres photos!
 - Songez à utiliser un trépied, ou restez sur place
- Remplacer une partie de l'image en combinant des images avec une homographie
 - Peut même combiner un film sur une image!



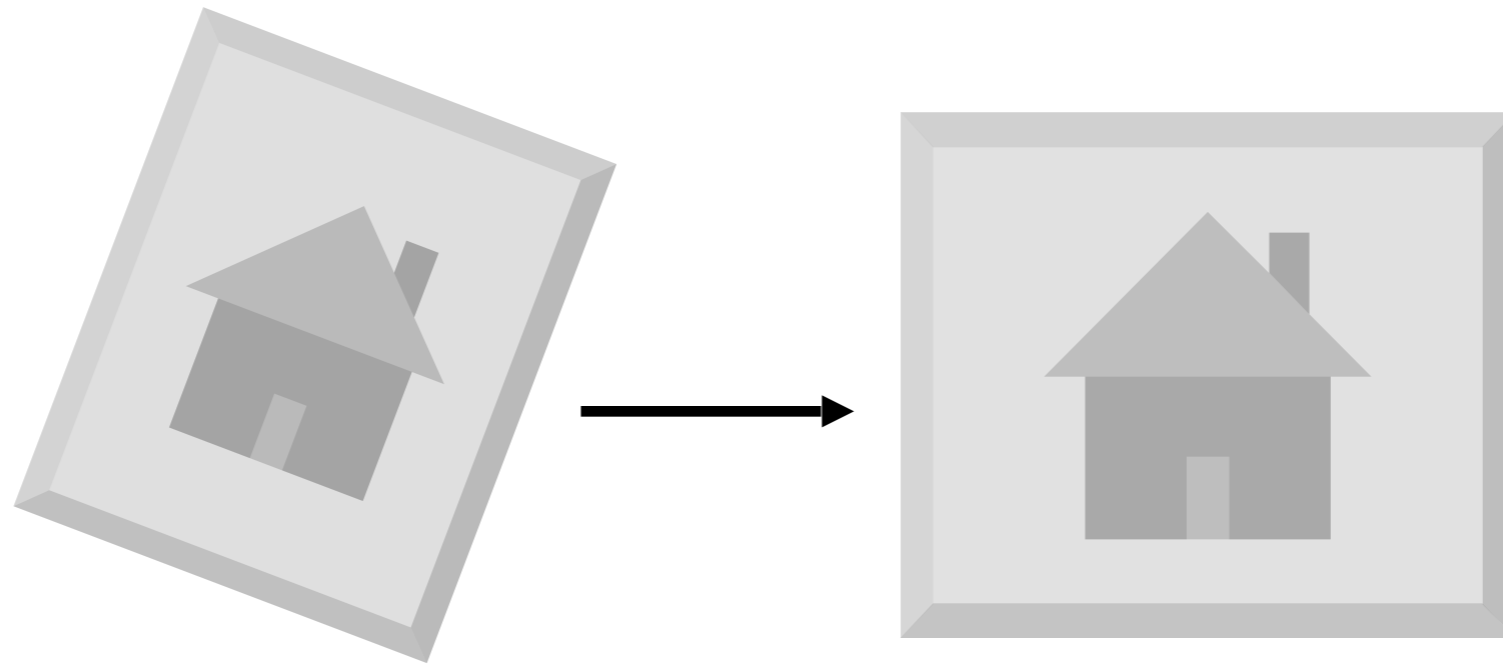
TP4 — crédits supplémentaires

- Panorama 360 degrés
 - Projection cylindrique (à venir)
 - Essayez avec “panorama3”, ou prenez vos propres photos!
- Soyez créatifs et amusez-vous!
 - Panorama du frigo?



Brett Allen

Alignement d'images



- Comment faire pour aligner deux images automatiquement?
- Deux approches:
 - Alignement direct: essayer toutes les possibilités
 - Par point d'intérêt:
 - Calculer l'alignement à partir de points d'intérêt appariés

Alignement direct

- Recherche exhaustive (TP1)
 - Définir une mesure de similarité
 - SSD, corrélation croisée-normalisée, etc.
 - Essayer toutes les combinaisons

- Exemple pour la translation

```
for tx=x0:step:x1
  for ty=y0:step:y1
    comparer image1(x,y) à image2(x+tx,y+ty)
  end
end
```

- Devons définir: x0, x1, step
 - Qu'arrive-t-il si "step" est trop grand?

Alignement direct

- Appliquons cette stratégie pour déterminer une homographie!

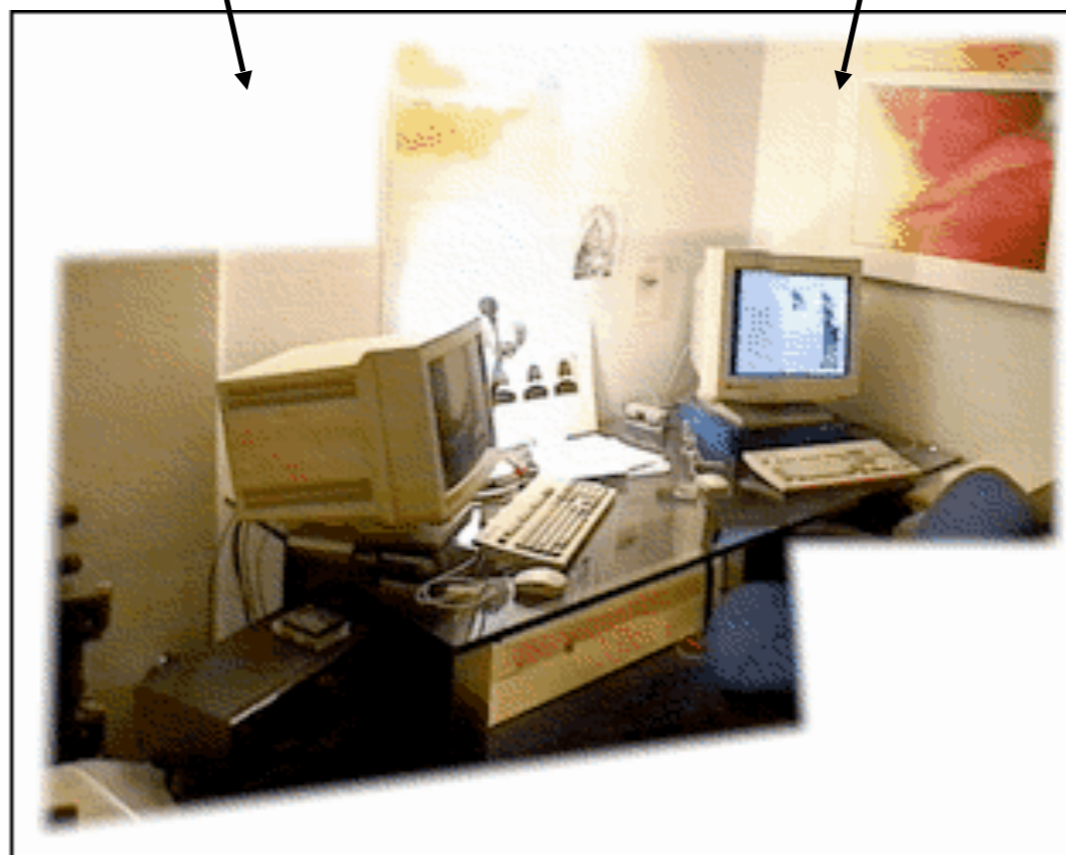
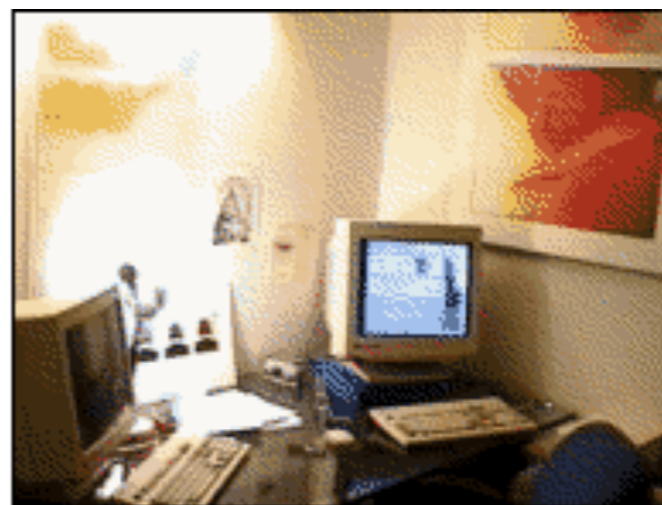
$$\begin{bmatrix} wx' \\ wy' \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

```
for a=a0:astep:a1
  for b=b0:bstep:b1
    for c=c0:cstep:c1
      for d=d0:dstep:d1
        for e=e0:estep:e1
          for f=f0:fstep:f1
            for g=g0:gstep:g1
              for h=h0:hstep:h1
                comparer image1 à H(image2)
              end
            end
          end
        end
      end
    end
  end
end;
```

Problèmes?

- Pas réaliste
 - $O(N^8)$!
 - Comment déterminer min/max/step?
- Que faire (indice: TP1)?
 - Utiliser une pyramide pour limiter le nombre de valeurs à utiliser
- Alternative: “méthode du gradient”
 - Commencer à une valeur pour chaque paramètre
 - Quelle valeur subséquente augmentera la similarité des images (ou diminuera la pénalité)
 - Quelle hypothèse est faite ici?
 - Les images sont presque alignées déjà! (<2 pixels)
 - On peut améliorer avec une pyramide

Alignement d'images



Alignement avec points d'intérêt

- Détecter des points d'intérêts dans les images
- Les apparier dans les deux images
- Calculer la transformation entre les deux groupes de points (homographie)
- Comment sélectionner ces points d'intérêts?
 - Doivent se distinguer de leur voisinage
 - Facile à localiser
 - Coins!

Détection de points d'intérêt

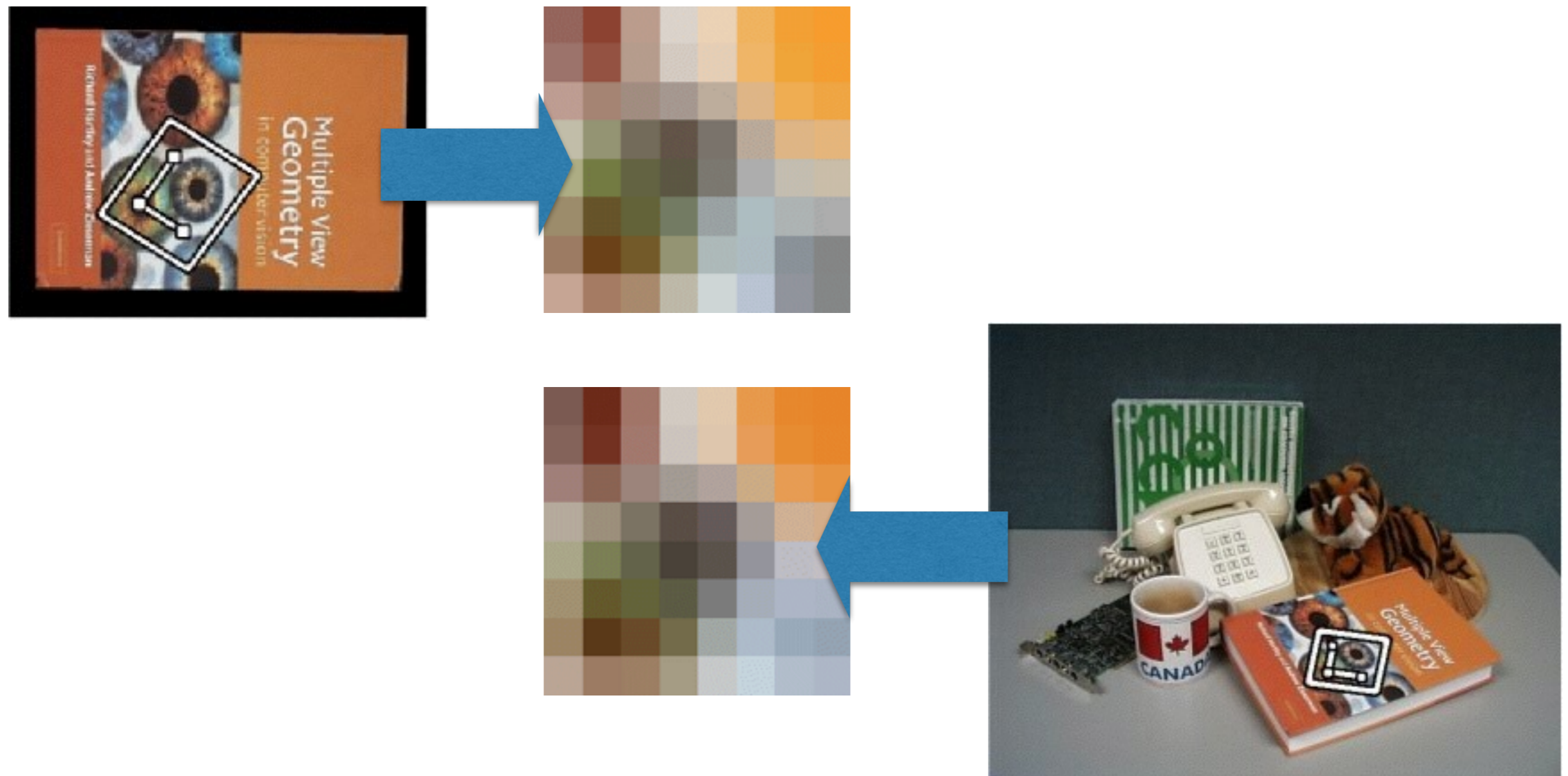


Apparier les points d'intérêt

- Une fois détectés, comment apparier les points d'intérêt?
 - Nous avons besoin d'une façon de les représenter
 - e.g. morceau de l'image autour du point
 - Utiliser seulement les points appariés pour estimer l'homographie
- Problème: que faire si l'image autour du point est similaire à plusieurs points?
 - Augmenter la taille du morceau de l'image
- Problème: que faire si l'image autour du point est différente à cause de la rotation, la mise à l'échelle?
 - Besoin d'un descripteur invariant

Descripteurs invariants

- Schmid & Mohr 1997, Lowe 1999, Baumberg 2000, Tuytelaars & Van Gool 2000, Mikolajczyk & Schmid 2001, Brown & Lowe 2002, Matas et. al. 2002, Schaffalitzky & Zisserman 2002



Mercredi

- 1 détecteur de points d'intérêt
 - coins "Harris"
- 1 descripteur de points d'intérêt
 - morceaux d'image, morceaux d'image orientés
- Lecture
 - Multi-image Matching using Multi-scale image patches, CVPR 2005