



Vers des asservissements visuels sur des scènes inconnues

Christophe Collewet

Cemagref Rennes

INRIA Rennes Bretagne-Atlantique, IRISA

Cadre général : l'asservissement visuel

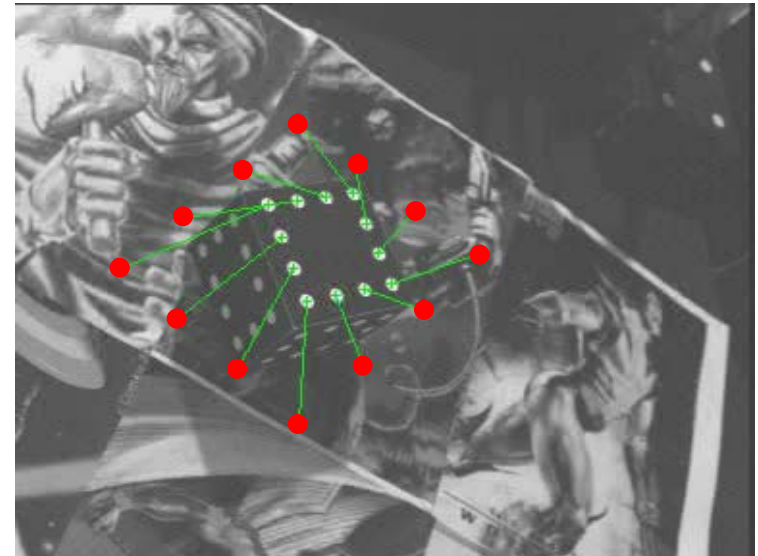
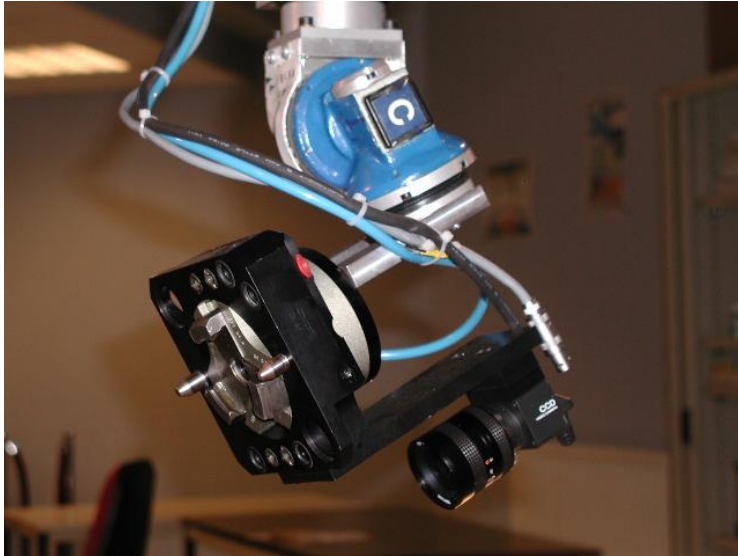
- Permet le contrôle d'un système dynamique à l'aide d'une (ou plusieurs) caméra(s)
 - Système considéré : habituellement un robot
 - Caméra(s) : embarquée(s), déportée(s), éventuellement virtuelle(s)
- Conception de lois de commande en boucle fermée sur des informations extraites des images
- Lien fort avec la vision par ordinateur et le traitement d'images
- Domaine d'applications de l'asservissement visuel
 - Robotique
 - Industrielle
 - Mobile (terrestre, aérienne, marine, sous-marine, spatiale)
 - Médicale, pour le handicap
 - Moins typique : réalité augmentée, animation par ordinateur,...

Principe de l'asservissement visuel

□ Asservissement visuel

- Formalisme de fonction de tâches
- Spécification de la tâche dans l'image

□ Exemple : réalisation d'une tâche de positionnement sur un robot porteur



Cadre applicatif au Cemagref

Caractérisation des produits carnés

- Localisation et mesure de défauts sur des pièces de viande
- Mesure de certains paramètres géométriques ou colorimétriques
 - ⇒ positionnement constant caméra / produit sur un lot
- Tâche de focalisation en vue de la relecture de marquages



Vers des scènes inconnues...

- Texture de l'objet d'intérêt mal connue
 - ⇒ pas d'hypothèses sur la présence d'indices visuels particuliers
- Forme mal connue ou inconnue
- Pas d'apprentissage possible de la consigne visuelle : lié à l'application
ex : traçabilité
- Scène mal connue et / ou dynamique (triplet éclairage / objet / observateur),
éclairage non maîtrisé



Cas de figure typiques

- Agro-alimentaire
- Agriculture, horticulture
- Domaine médical
- Environnement inconnus (sous-marins, spatiaux)

Vers des scènes inconnues : contributions

- Texture de l'objet d'intérêt mal connue

⇒ pas d'hypothèses sur la présence d'indices visuels particuliers



- Utilisation de la lumière structurée

- Utilisation d'informations non géométriques

- Forme mal connue ou inconnue

- Pas d'apprentissage possible de la consigne visuelle : lié à l'application
ex : traçabilité



- Reconstruction 3D à partir du mouvement

- Scène mal connue et / ou dynamique (triplet éclairage / objet / observateur), éclairage non maîtrisé



- Apport de la modélisation des phénomènes de réflexion :

- À la mise en correspondance

- À l'asservissement visuel basé luminance

Vers des scènes inconnues : contributions

- Texture de l'objet d'intérêt mal connue

⇒ pas d'hypothèses sur la présence d'indices visuels particuliers

- Forme mal connue ou inconnue

- Pas d'apprentissage possible de la consigne visuelle : lié à l'application
ex : traçabilité

- Scène mal connue et / ou dynamique (triplet éclairage / objet / observateur), éclairage non maîtrisé



- Utilisation de la lumière structurée

- Utilisation d'informations non géométriques

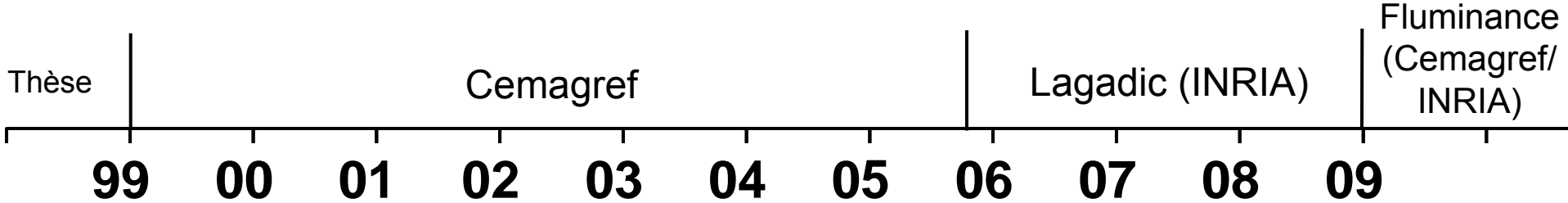
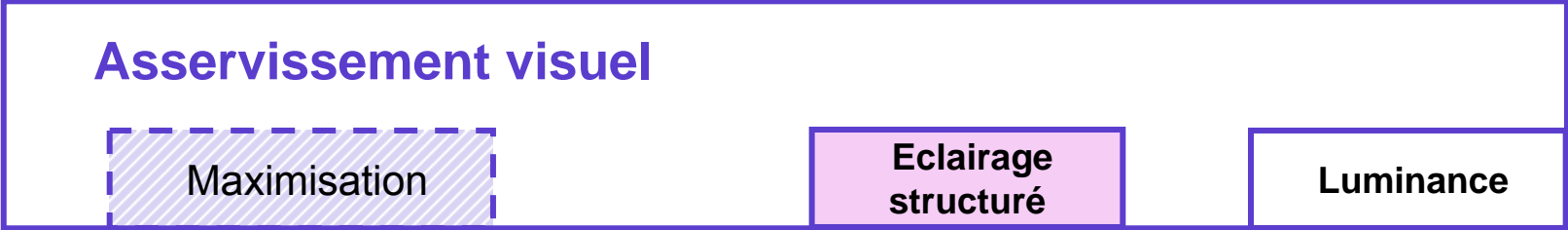
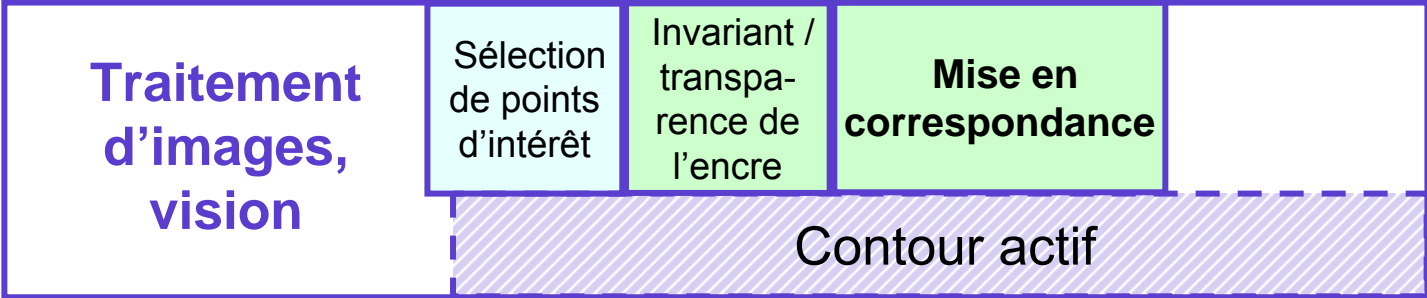
- Reconstruction 3D à partir du mouvement

- Apport de la modélisation des phénomènes de réflexion :

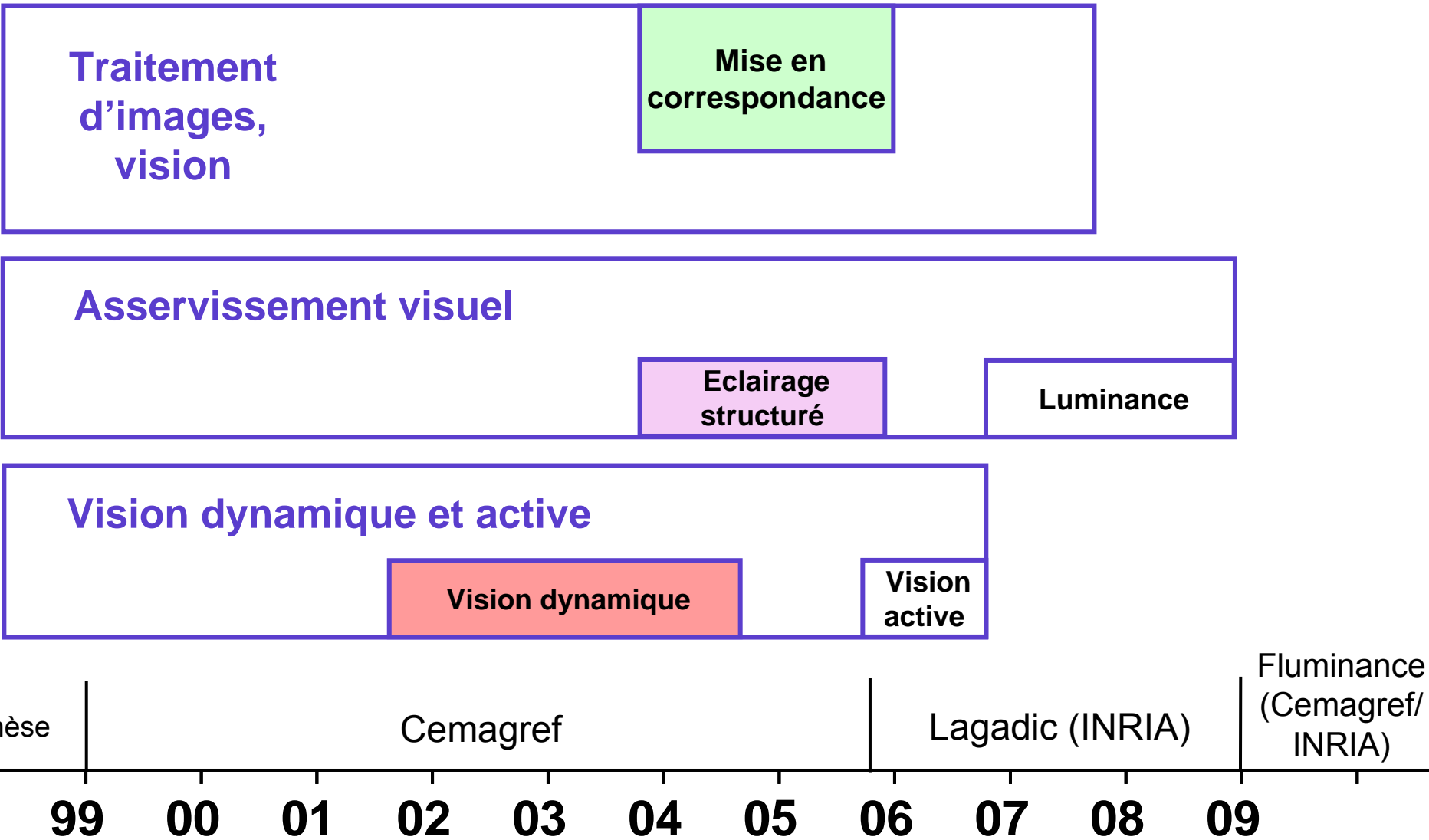
- À la mise en correspondance
- À l'asservissement visuel basé luminance

**S'affranchir de l'objet
et
de son environnement**

Chronologie des travaux



Travaux présentés



Plan de la présentation

- L'asservissement visuel
- 1ère partie : vers une indépendance vis-à-vis de l'objet observé
 - Indépendance vis-à-vis de la texture de l'objet
 - Couplage asservissement visuel / éclairage structuré
 - Utilisation directe la luminance
 - Indépendance vis-à-vis de la texture de l'objet ET de sa géométrie
 - Couplage asservissement visuel et reconstruction 3D à partir du mouvement
- 2ème partie : vers une indépendance vis-à-vis de la scène observée
 - Modélisation de l'interaction lumière / matière
 - Application à la mise en correspondance de motifs texturés
 - Application à l'asservissement visuel basé sur la luminance
- Conclusion et perspectives

Plan de la présentation

□ L'asservissement visuel

□ 1ère partie : vers une indépendance vis-à-vis de l'objet observé

- Indépendance vis-à-vis de la texture de l'objet
 - Couplage asservissement visuel / éclairage structuré
 - Utilisation directe la luminance
- Indépendance vis-à-vis de la texture de l'objet ET de sa géométrie
 - Couplage asservissement visuel et reconstruction 3D à partir du mouvement

□ 2ème partie : vers une indépendance vis-à-vis de la scène observée

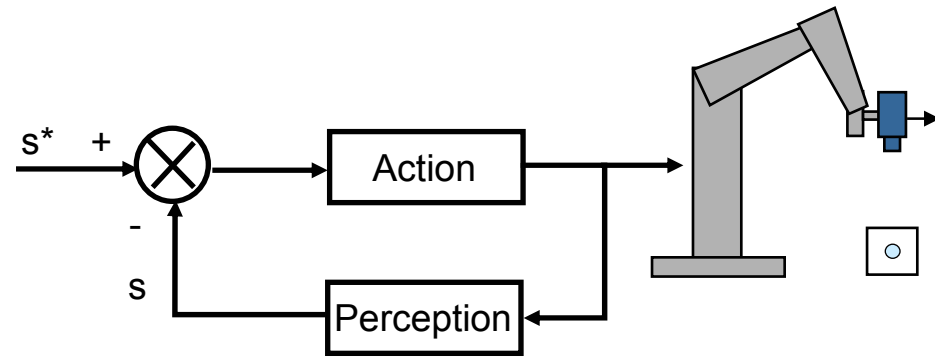
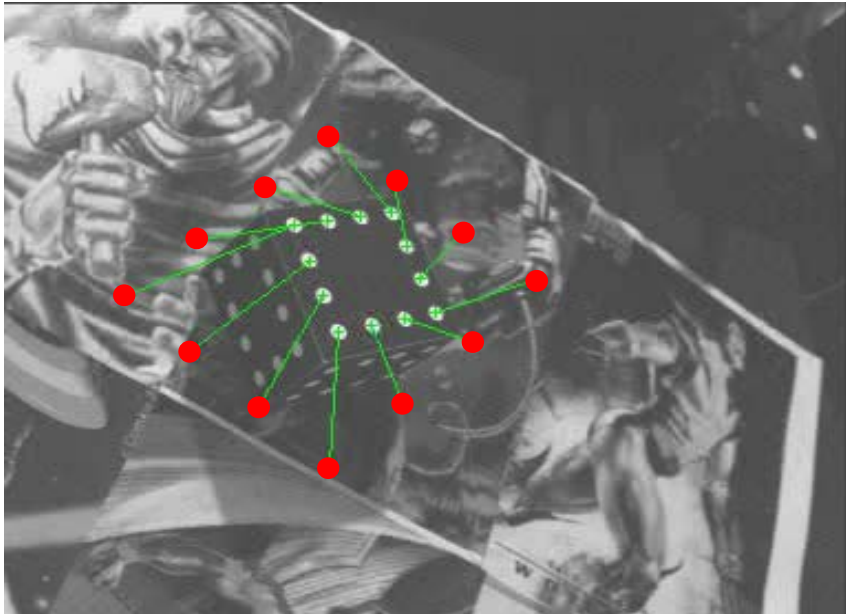
- Modélisation de l'interaction lumière / matière
 - Application à la mise en correspondance de motifs texturés
 - Application à l'asservissement visuel basé sur la luminance

□ Conclusion et perspectives

L'asservissement visuel

Objectif :

- Contrôler le mouvement d'un robot...
- ...en utilisant des informations visuelles
- ...en boucle fermée



Nécessite :

- Choix de s
- La connaissance du lien entre l'action et la perception : la matrice d'interaction

$$\dot{s} = L_s v$$

- La connaissance de s^*
- L'extraction des informations visuelles grâce à des mesures x
- Mise en correspondance entre x_i et x^*
- Suivi temporel

Loi de commande

- Informations visuelles : $s(\mathbf{r}(t))$
- Matrice d'interaction : $\dot{s} = \frac{\partial s}{\partial \mathbf{r}} \dot{\mathbf{r}} = \mathbf{L}_s \mathbf{v}$
- On forme : $\mathbf{e} = s(\mathbf{r}(t)) - s^*$
- On peut imposer un comportement désiré [Espiau et al., 92] :
 $\dot{\mathbf{e}} = -\lambda \mathbf{e}$
- Loi de commande : $\mathbf{v} = -\lambda \hat{\mathbf{L}}_s^+ \mathbf{e}$
- Comportement réel : $\dot{\mathbf{e}} = -\lambda \mathbf{L}_s \hat{\mathbf{L}}_s^+ \mathbf{e} = -\lambda \mathbf{M}(s) \mathbf{e}$
 - Stabilité du système dépend de $\mathbf{M}(s)$

Choix des informations visuelles

□ Choix déterminant

- Connaissance ou non de la matrice d'interaction...

□ Informations 2D : asservissement 2D

- points, droites, ellipses, contours, toute primitive géométrique paramétrable, moments

ex : [Weiss et al, 87; Espiau et al., 92 ; Tahri et Chaumette, 05]

□ Informations 3D : asservissement 3D

- points 3D, plan, déplacement 3D à réaliser

ex : [Wilson et al., 96; Martinet et al., 97; Malis et al, 99]

□ Combinaison d'informations 2D et 3D : asservissement 2D1/2

- Conditions de stabilité [Malis et al, 99]

□ Informations issues du mouvement 2D, ex : [Crétual et Chaumette, 02]

- Avantage : indépendance vis-à-vis de la texture de l'objet

Plan de la présentation

□ L'asservissement visuel

□ 1ère partie : vers une indépendance vis-à-vis de l'objet observé

■ Indépendance vis-à-vis de la texture de l'objet

- Couplage asservissement visuel / éclairage structuré
- Utilisation directe la luminance

■ Indépendance vis-à-vis de la texture de l'objet ET de sa géométrie

- Couplage asservissement visuel et reconstruction 3D à partir du mouvement

□ 2ème partie : vers une indépendance vis-à-vis de la scène observée

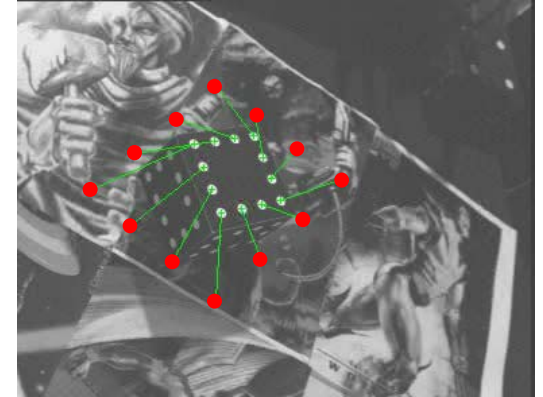
■ Modélisation de l'interaction lumière / matière

- Application à la mise en correspondance de motifs texturés
- Application à l'asservissement visuel basé sur la luminance

□ Conclusion et perspectives

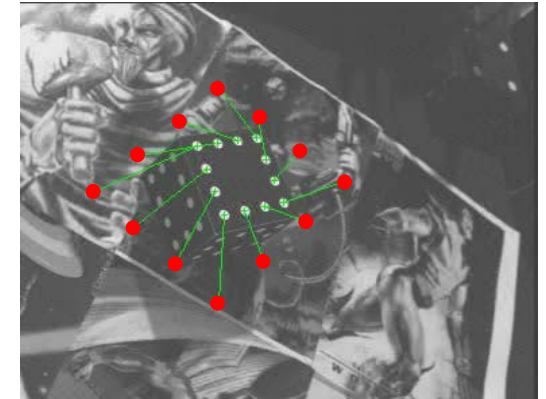
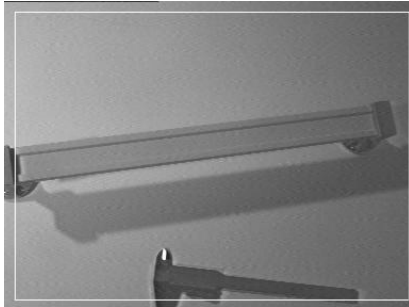
Indépendance vis-à-vis de la texture de l'objet

- Asservissement visuel
 - Disposer d'informations visuelles
 - Traitement d'images robuste



Indépendance vis-à-vis de la texture de l'objet

- Asservissement visuel
 - Disposer d'informations visuelles
 - Traitement d'images robuste
- Pb avec les objets faiblement texturés



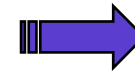
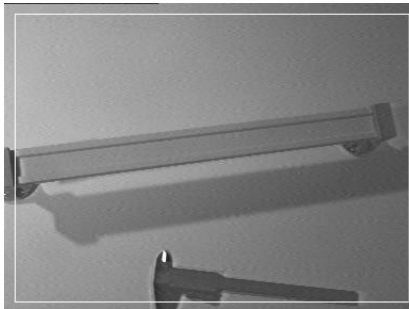
Utilisation d'un
éclairage structuré
[Thèse de J. Pagès]

Indépendance vis-à-vis de la texture de l'objet

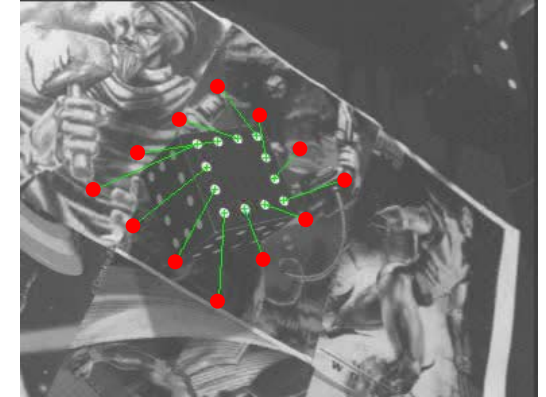
□ Asservissement visuel

- Disposer d'informations visuelles
- Traitement d'images robuste

□ Pb avec les objets faiblement texturés



Utilisation d'un
éclairage structuré
[Thèse de J. Pagès]



□ Pb avec des objets non structurés



Utilisation de la
luminance
(directe ou indirecte)

L'éclairage structuré en robotique

□ Très populaire dans les années 80-90

- Reconstruction 3D aisée
- Traitement d'images simplifié

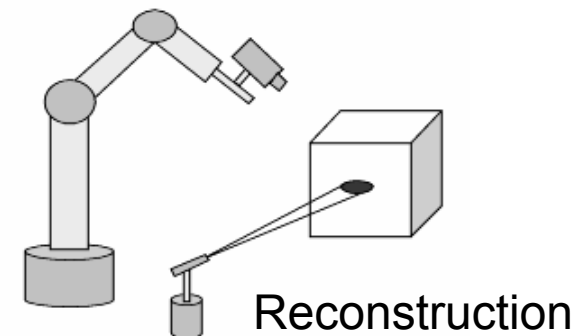
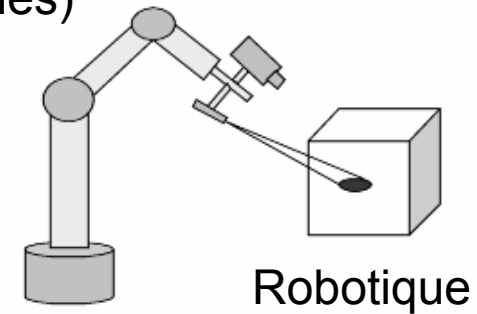
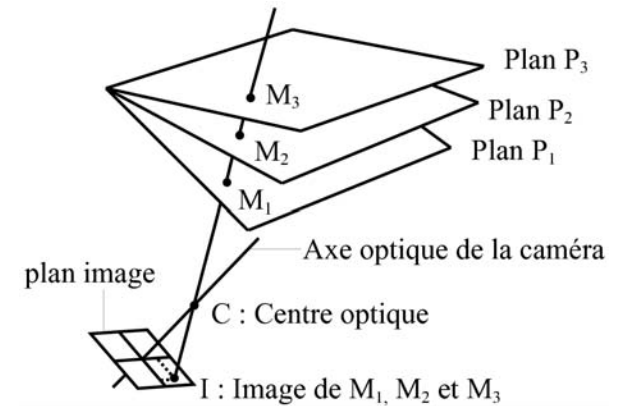
□ Plusieurs types de configuration matériel

■ Faisceaux laser, plans laser (éventuellement mobiles)

- Robotique mobile
 - ex: navigation, évitement d'obstacles
- Certaines tâches de positionnement
 - ex: suivi de profil, usinage

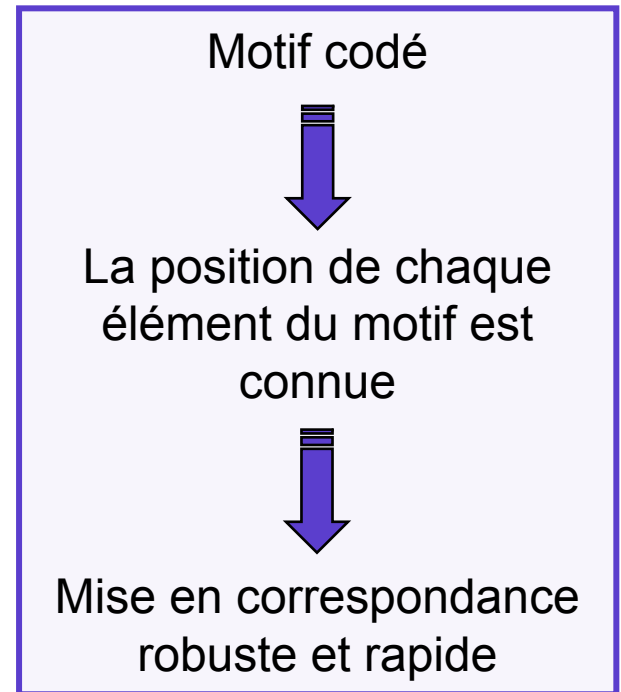
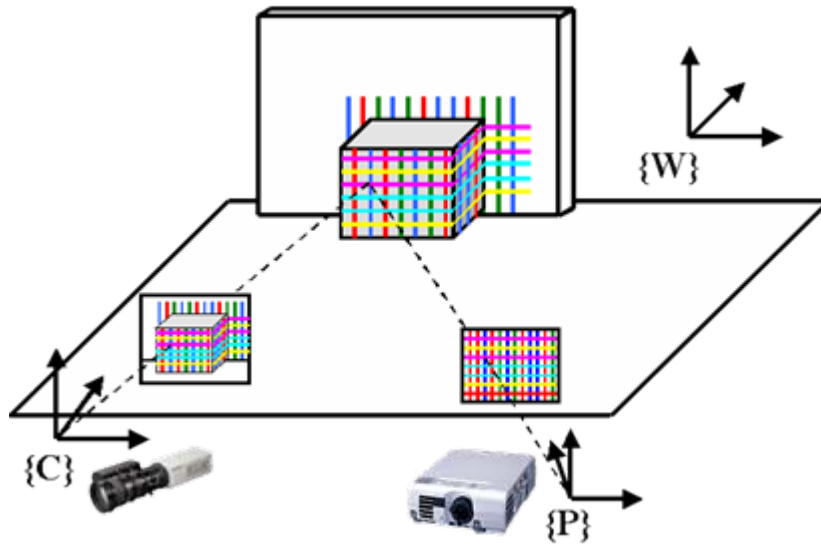
■ Projection d'un motif (grille)

- Reconstruction quasi dense
- Tâches plus complexes
- Traitement d'images plus complexes



Utilisation d'un éclairage codé et déporté

- Principe identique à la stéréovision

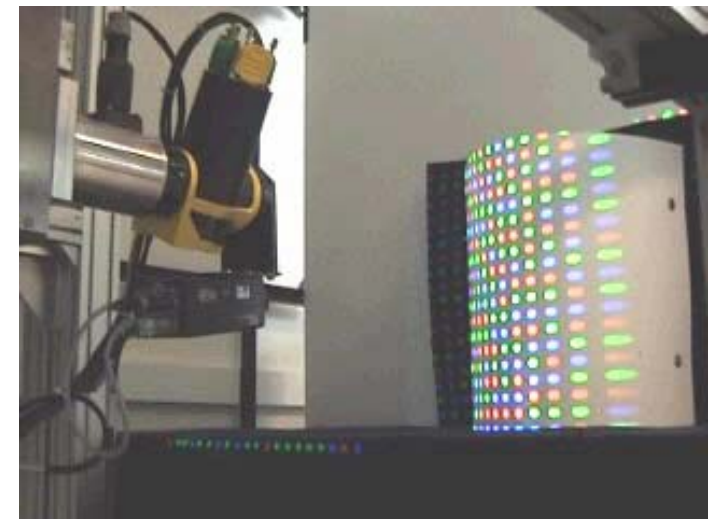
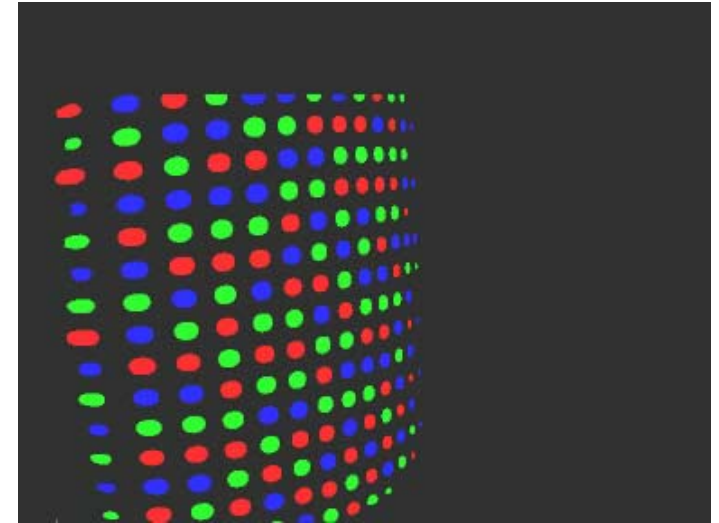


- Grande variété de codages ex: temporel, direct, spatial
 - Adaptés à la R3D **MAIS** primitives obtenues (souvent) non exploitables en AV
- Codage spatial basé sur les matrices parfaites pseudo-aléatoires
 - Décodage : chaque sous matrice $k \times k$ est unique (k : taille de l'alphabet)

Apport à l'asservissement visuel

[ICRA'06, PROCAM'06]

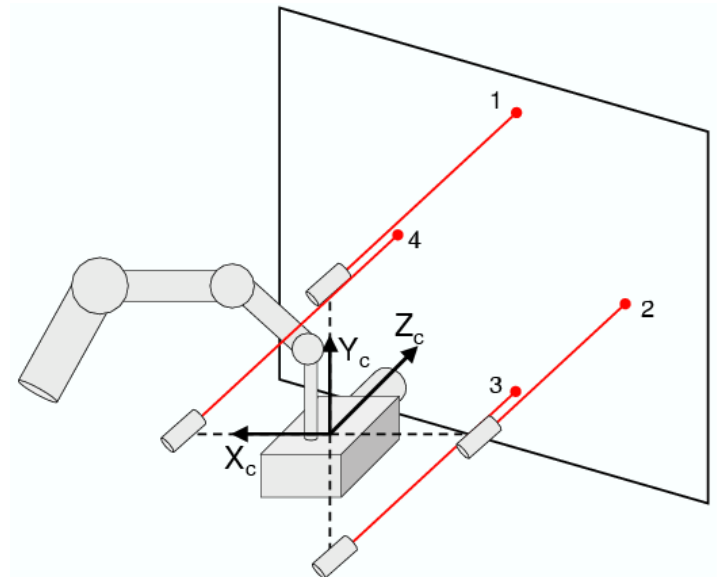
- Utilisation d'une matrice de points [Morano et al, 98]
 - Application directe à l'asservissement visuel
 - Asservissement générique en construisant d'autres informations visuelles, ex: moments [Tahri et Chaumette, 05]
- Exemple avec $s = (\mathbf{x}_1, \dots, \mathbf{x}_k)$
- Avantages
 - Robustesse aux occultations des éléments du motif (redondance)
 - Reconstruction 3D possible si nécessaire [Malis et Rives, 03]
- Inconvénient : objet fixe / éclairage



Utilisation d'un éclairage embarqué

[IROS'04, IROS'05, ITRO'06]

- Abondante littérature / diode laser (ex : [Agin, 85]) MAIS AV 3D
- Peu de contributions sur couplage éclairage structuré / AV 2D
 - Contrôle d'un axe [Andreff et al, 02; Krupa et al, 03]
 - Contribution majeure : [Motyl, 92; Khadraoui, 96]
- Recherche d'une géométrie de capteur optimale
 - Stabilité de la loi de commande
 - Découplage des informations visuelles
 - Trajectoire satisfaisante de la caméra
- Cas particulier de la tâche plan à plan
 - Tâche de rang 3
 - Dispositif à 4 lasers



Utilisation d'un éclairage embarqué

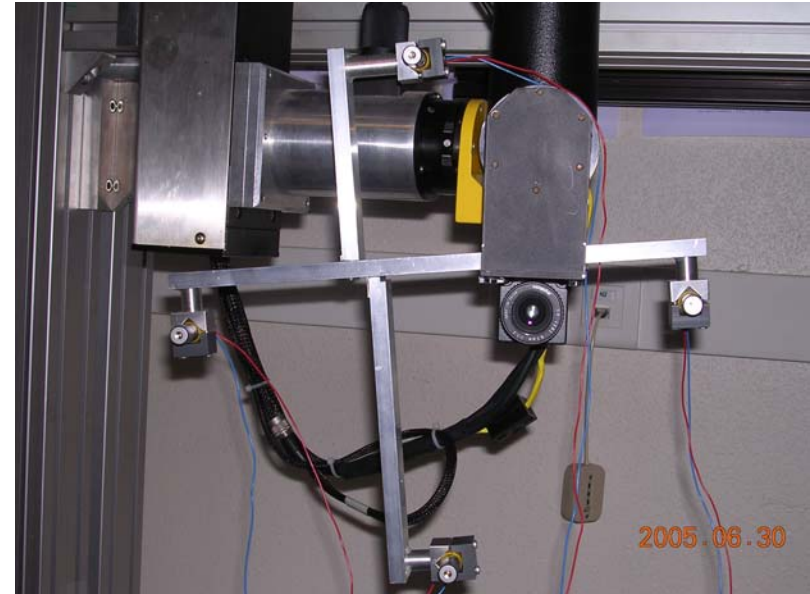
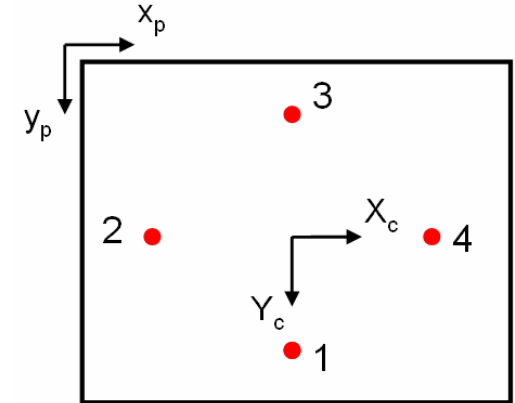
[IROS'04, IROS'05, ITRO'06]

□ Choix des informations visuelles

- Utilisation de :

$$\mathbf{s} = \frac{1}{2} \left(y_1^{-1} - y_3^{-1}, y_1^{-1} + y_3^{-1}, x_2^{-1} + x_4^{-1} \right)$$

- Matrice d'interaction découplée
- Utilisation de mesures 2D uniquement
- Trajectoires 3D souvent monotones
 - Difféomorphisme entre \mathbf{s} et les paramètres du plan
- Stabilité (avec $\hat{\mathbf{L}}_S$ et $\hat{\mathbf{L}}_{S^*}$)
 - GAS dans le cas idéal
 - locale en présence d'erreur d'étalonnage



Plan de la présentation

- L'asservissement visuel
- 1ère partie : vers une indépendance vis-à-vis de l'objet observé
 - Indépendance vis-à-vis de la texture de l'objet
 - Couplage asservissement visuel / éclairage structuré
 - **Utilisation directe la luminance**
 - Indépendance vis-à-vis de la texture de l'objet ET de sa géométrie
 - Couplage asservissement visuel et reconstruction 3D à partir du mouvement
- 2ème partie : vers une indépendance vis-à-vis de la scène observée
 - Modélisation de l'interaction lumière / matière
 - Application à la mise en correspondance de motifs texturés
 - Application à l'asservissement visuel basé sur la luminance
- Conclusion et perspectives

Utilisation directe de la luminance (1)

□ Gain attendu :

- Traiter des objets « non structurés »
- Traitement d'images réduit



MAIS problème très délicat

□ Mise en jeu de phénomènes complexes (interaction lumière / matière)

- Utilisation de techniques d'apprentissage [Nayar et al, 96; Deguchi, 00]
 - Travail dans un espace propre \Rightarrow acquisition d'une base d'images
 - Nouvel apprentissage si modification de la scène
- Utilisation indirecte de la luminance :
 - Approches basées sur un modèle de mouvement [Sundareswaran et al, 96; Questa, 95; Santos-Victor et Sandini, 97; Crétual et Chaumette, 02]
 - Sur un modèle de déplacement : [Benhimane et Malis, IJRR '07; Silveira et Malis, IROS'07] (homographie)
 - Voir aussi [Kallem et al, 07; Abdul Hafez, 08]

Utilisation directe de la luminance (2)

[RFIA' 08, ICRA'08]

- Étude de l'utilisation directe de la luminance : i.e. $\mathbf{s} = \mathbf{I}$
- Plus de mise en correspondance
- On utilise directement : $\mathbf{e} = \mathbf{s} - \mathbf{s}^* = \mathbf{I} - \mathbf{I}^*$
- Pb : calcul analytique de la matrice d'interaction [Marchand, 07]:

$$\mathbf{L}_{\mathbf{I}}(\mathbf{x}, Z) = -\nabla I(\mathbf{x})^{\top} \mathbf{L}_{\mathbf{x}}(\mathbf{x}, Z)$$

- Traitement d'images réduit (gradients spatiaux)
- Hypothèse : invariance de la luminance pour un même point entre 2 instants
- Domaine théorique de validité restreint : scène Lambertienne **ET** intensité lumineuse constante **ET** éclairage fixe/objet
- Nouvelle loi de commande (lois de commande classiques mises en échec)
 - Formulation sous la forme d'un pb d'optimisation
 - Méthode adaptée à l'allure de la fonction de coût

Utilisation directe de la luminance (3)

$\Delta r_{init} = (20 \text{ cm}, 10 \text{ cm}, 5 \text{ cm}, 10^\circ, 11^\circ, 15^\circ)$ $Z^* \approx 80 \text{ cm}$

Erreur finale : 0.1 mm trans., 0.02° rot.



Plan de la présentation

□ L'asservissement visuel

□ 1ère partie : vers une indépendance vis-à-vis de l'objet observé

■ Indépendance vis-à-vis de la texture de l'objet

- Couplage asservissement visuel / éclairage structuré
- Utilisation directe la luminance

■ Indépendance vis-à-vis de la texture de l'objet ET de sa géométrie

- Couplage asservissement visuel et reconstruction 3D à partir du mouvement

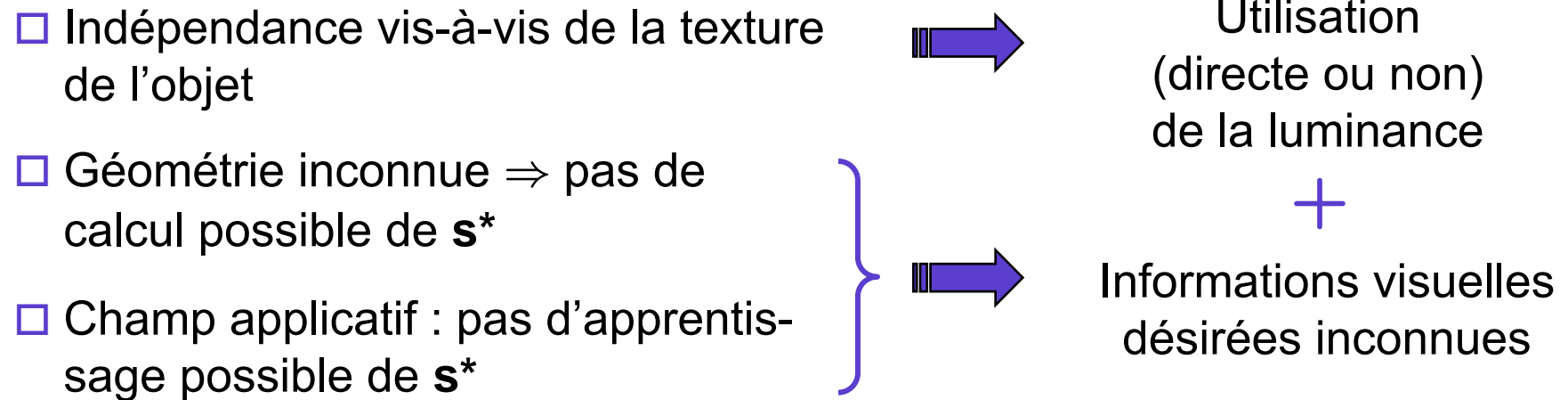
□ 2ème partie : vers une indépendance vis-à-vis de la scène observée

■ Modélisation de l'interaction lumière / matière

- Application à la mise en correspondance de motifs texturés
- Application à l'asservissement visuel basé sur la luminance

□ Conclusion et perspectives

Indépendance / texture et géométrie



Conséquence : nouveau champ de recherche

- Jusqu'à présent (AV 2D, 2D ½, 3D, basé mouvement) :
 - Utilisation d'un modèle de l'objet et / ou
 - Utilisation de l'image désirée

Asservissement visuel et reconstruction 3D à partir du mouvement

[thèse A. Alhaj ; ICRA'03, 04, 07a, 07b; ITRO 08]

Reconstruction 3D à partir du mouvement

- Technique bien adaptée à l'AV : utilisation des images acquises pendant le mouvement = alternative à la stéréovision
- Deux grand types d'approches :
 - Continues : utilisation des équations du mouvement projeté
 - Basées sur la connaissance du flot optique [Prazdny, 81; Bruss et Horn, 83] , voire de ses dérivées spatiales [Longuet-Higgins et Prazdny, 80; Waxman et al, 85; Subbarao 88]
 - Hypothèses : formes planes ou non [Irani et al, 97; Calway, 05]
 - Discrètes : utilisation du déplacement entre 2 instants consécutifs
 - Basées sur une mise en correspondance de points
 - Décomposition de la matrice essentielle [Hartley, 97] ou fondamentale [Luong et Faugeras, 96], présence de cas dégénérés pour une surface plane [Longuet-Higgins, 84]

Utilisation d'une approche unifiée \Rightarrow objet plan ou non

Couplage asservissement visuel et reconstruction 3D

- But : R3D pour tâche de positionnement / objet forme inconnue
 - ex: tâche d'inspection ou de focalisation (traçabilité, détection de défauts)
- Contrôler l'orientation de la caméra / plan tangent en un point particulier
 - Normale obtenue par R3D pendant l'AV grâce au mouvement 2D
 - Mouvement par AV 2D1/2 / la normale au plan tangent
 - pas de modèle
 - pas d'image désirée



Une approche unifiée

[ICRA'07a; ICRA'07b; ITRO 08]

- Modèle unifié = modèle de mouvement affine local (autour du point particulier) entre 2 images consécutives
- Augmentation du domaine de validité du modèle de mouvement
 - Minimisation de l'erreur de modélisation entre le modèle unifié et le modèle exact
 - 1ère approche : vision active [Aloimonos, 94] + méthode continue [ICRA'07a]
 - Favoriser des vitesses faibles + $v_z = 0$
 - Approche adaptée aux objets de courbure faible
 - 2ème approche : sélection de points + méthode discrète [ICRA'07b]
 - Existence d'un lieu minimisant l'erreur \Rightarrow le modèle n'est pas local pour ces points
 - Sélection pendant le calcul du mouvement par des M-estimateurs [Huber, 81]
 - Erreur d'orientation $\approx 0.5^\circ$
 - Prise en compte de courbure élevée

Plan de la présentation

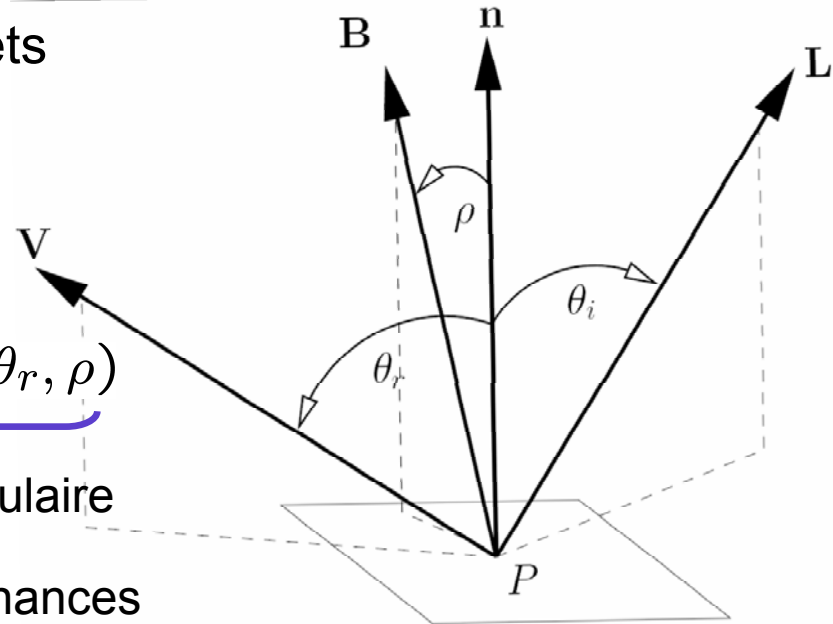
- L'asservissement visuel
- 1ère partie : vers une indépendance vis-à-vis de l'objet observé
 - Indépendance vis-à-vis de la texture de l'objet
 - Couplage asservissement visuel / éclairage structuré
 - Utilisation directe la luminance
 - Indépendance vis-à-vis de la texture de l'objet ET de sa géométrie
 - Couplage asservissement visuel et reconstruction 3D à partir du mouvement
- **2ème partie : vers une indépendance vis-à-vis de la scène observée**
 - **Modélisation de l'interaction lumière / matière**
 - Application à la mise en correspondance de motifs texturés
 - Application à l'asservissement visuel basé sur la luminance
- Conclusion et perspectives

Modélisation de l'interaction lumière / matière

- Modèle de réflexion : décrit la *réflectance* = relation liant la radiance émise par un élément de surface à l'irradiance reçue
- Basé sur la théorie ondulatoire de la lumière \Rightarrow dépend de l'illuminant et de l'objet (ex: perméabilité magnétique, conductivité, permittivité diélectrique)
- Un modèle adapté à chaque classe d'objets
- Modélisation générale :

- Pour la luminance

$$I(p) = \underbrace{k_d(p)a(p) \cos \theta_i(P)}_{\text{réflexion diffuse}} + \underbrace{K_s(p)h(P, \theta_r, \rho)}_{\text{réflexion spéculaire}}$$



- Permet de décrire la relation liant les luminances entre 2 instants pour une scène dynamique [ECCV'06]
- Se généralise directement à la couleur [CGIV'06]

Plan de la présentation

- L'asservissement visuel
- 1ère partie : vers une indépendance vis-à-vis de l'objet observé
 - Indépendance vis-à-vis de la texture de l'objet
 - Couplage asservissement visuel / éclairage structuré
 - Utilisation directe la luminance
 - Indépendance vis-à-vis de la texture de l'objet ET de sa géométrie
 - Couplage asservissement visuel et reconstruction 3D à partir du mouvement
- **2ème partie : vers une indépendance vis-à-vis de la scène observée**
 - **Modélisation de l'interaction lumière / matière**
 - **Application à la mise en correspondance de motifs texturés**
 - Application à l'asservissement visuel basé sur la luminance
- Conclusion et perspectives

Mise en correspondance de motifs texturés

- But : *estimer une transformation rigide 2D permettant le recalage d'un motif de référence / motif courant*
 - Motif de référence \in { image initiale, précédente ou désirée }
 - Problème générique :
 - Suivi de primitives géométriques, suivi de cible, calcul du mouvement 2D, calcul d'un déplacement 2D, etc.
 - Utilisation en asservissement visuel (2D, 3D, 2D1/2, dynamique), réalité augmentée, reconstruction 3D
 - Minimisation d'un critère intégrant une mesure (éventuellement robuste) de dissimilarité entre les 2 motifs
- ex: [Hager et Belhumeur, 98; Black et Jepson, 98; Jurie et Dhome, 02; Nickels et Hutchinson, 02]

Notre contribution = apport des modèles de réflexion

[Thèse de M. Gouiffès, 05]

Différentes approches, différentes hypothèses

- Constance de luminance au cours du temps
 - ⇒ Objet Lambertien, éclairage fixe / objet, intensité lumineuse constante
- + Utilisation de statistiques robustes [Odobez et Bouthemy, 95; Hager et Belhumeur, 98; Vachetti et al, 05]
 - ⇒ Variations inexplicées du signal de luminance
- Correction photométrique affine [Negahdaripour, 98; Tommasini et al, 99, Jin et al, 01]
 - ⇒ Validité très locale, motif de petite taille [ECCV, 06]
- Apprentissage hors ligne [Hallinan, 94; Hager et Belhumeur, 98; La Cascia et al, 00]
 - ⇒ Validité globale MAIS objet Lambertien
- Estimation en ligne [Silveira et Malis, 07]
 - ⇒ Approximation globale de la correction par une fonction paramétrique, la scène doit contenir un unique objet constitué d'un matériau unique

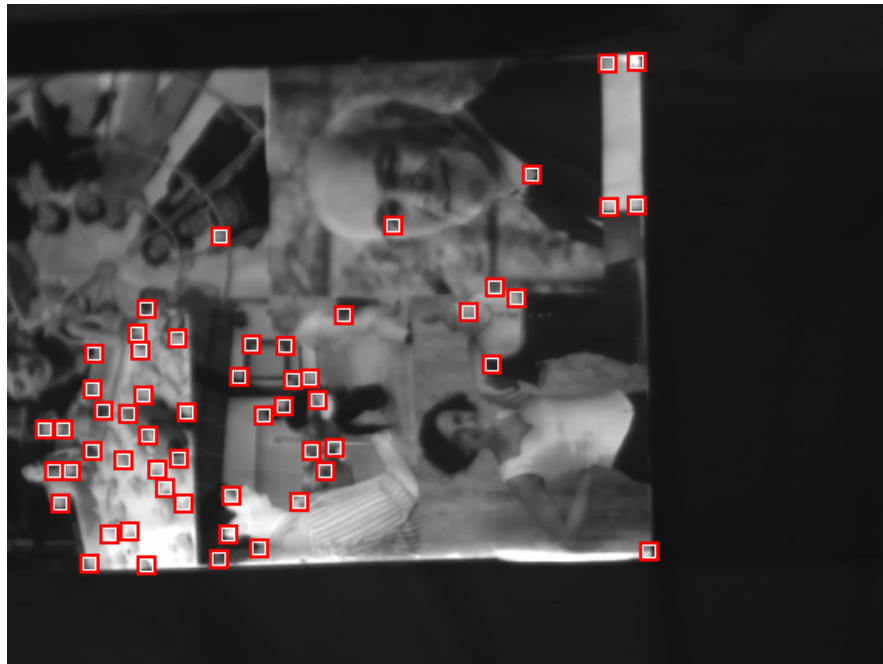
Suivi robuste aux variations de luminance

- Une modélisation locale : la luminance dépend aussi de paramètres locaux

$$I(p) = k_d(p)a(p) \cos \theta_i(P) + K_s(p)h(P, \theta_r, \rho)$$

- Deux modélisations locales des corrections et estimation en ligne

- Toute variation de luminance mais motif large [ICIP'06] (P6)
- Mieux adaptée aux variations de luminance dues aux spécularités ou motif de petite taille [ECCV'06] (P3)



Qu'en est-il de l'utilisation de la couleur ?

□ Avantages fondamentaux

- Pouvoir plus discriminant que la luminance :
 - Nombreuses applications en segmentation, ex: joueurs de football [Vandenbroucke et al, 03], robotique médicale [Wei et al, 97]
 - Peu en suivi de points (KLT couleur : [Heigl et al, 99])
- Existence d'invariants à la géométrie de la scène
 - Applications en reconnaissance d'objets [Ohba et al, 00; Kim et al, 01], de visages [Levine et al, 05]
 - Pas en suivi MAIS en flot optique [Mileva et, 07]

□ Les invariants couleurs

- Objets Lambertiens ou spéculaires
- Avantages : validité globale, pas d'apprentissage nécessaire
- Inconvénients: (i) singularité en $R = G = B = 0$; en $R = G = B$ pour invariants spéculaires \Rightarrow couleurs saturées sinon invariants bruités
(ii) légère perte du pouvoir discriminant [Gouiffès, 05]

Utilisation d'invariants couleurs



Attribut	Sans correction	Avec correction
NG	0 %	28 %
RGB	8 %	56 %
L2	77 %	85 %

Variation de luminance = intensité + occurrences de spéularités



Attribut	Sans correction	Avec correction
NG	0 %	25 %
RGB	0 %	69 %
L2	14 %	50 %

Occurrences de spéularités seulement

Plan de la présentation

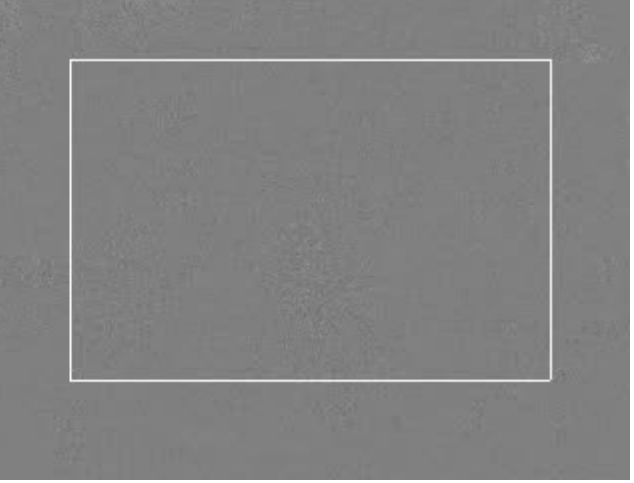
- L'asservissement visuel
- 1ère partie : vers une indépendance vis-à-vis de l'objet observé
 - Indépendance vis-à-vis de la texture de l'objet
 - Couplage asservissement visuel / éclairage structuré
 - Utilisation directe la luminance
 - Indépendance vis-à-vis de la texture de l'objet ET de sa géométrie
 - Couplage asservissement visuel et reconstruction 3D à partir du mouvement
- 2ème partie : vers une indépendance vis-à-vis de la scène observée
 - Modélisation de l'interaction lumière / matière
 - Application à la mise en correspondance de motifs texturés
 - **Application à l'asservissement visuel basé sur la luminance**
- Conclusion et perspectives

Asservissement visuel basé sur la luminance

[CVPR'08]

- Étude de l'utilisation directe de la luminance : i.e. $\mathbf{s} = \mathbf{I}$
- Hypothèse : invariance de la luminance \Rightarrow objet Lambertien et intensité lumineuse constante et éclairage fixe/objet
- Prise en compte de la géométrie de la scène + caractéristiques de l'objet
- Problème = calcul de la matrice d'interaction associée à la luminance
- Modèle de réflexion $\Rightarrow I(p) = k_d(p)a(p) \cos \theta_i(P) + K_s(p)h(P, \theta_r, \rho)$
- Utilisation d'un modèle empirique [Phong, 75] $\Rightarrow \mathbf{L}_I$
 - Cas éclairage embarqué \Rightarrow tâches de positionnement ou de suivi
 - Cas éclairage à l'infini \Rightarrow tâches de positionnement
- Intérêt : aucune estimation en ligne de paramètres
- Intensité lumineuse de l'illuminant constante

Suivi d'une cible, éclairage embarqué



Tâche de positionnement, éclairage déporté



Plan de la présentation

- L'asservissement visuel
- 1ère partie : vers une indépendance vis-à-vis de l'objet observé
 - Indépendance vis-à-vis de la texture de l'objet
 - Couplage asservissement visuel / éclairage structuré
 - Utilisation directe la luminance
 - Indépendance vis-à-vis de la texture de l'objet ET de sa géométrie
 - Couplage asservissement visuel et reconstruction 3D à partir du mouvement
- 2ème partie : vers une indépendance vis-à-vis de la scène observée
 - Modélisation de l'interaction lumière / matière
 - Application à la mise en correspondance de motifs texturés
 - Application à l'asservissement visuel basé sur la luminance
- **Conclusion et perspectives**

Conclusion et perspectives

- Cadre général (au Cemagref et à l'INRIA) : tâches de positionnement et de suivi par asservissement visuel
- Technique performante

MAIS

- Tributaire du contenu de l'image
 - Choix des informations visuelles
 - Dispose-t-on d'un traitement d'images suffisamment robuste ?
- Différents problèmes
 - Problèmes issus de l'objet (image peu structurée, peu texturée)
 - Problèmes liés à l'application (objet de forme connue ou non, apprentissage possible ou non de la consigne visuelle, éclairage maîtrisé ou non)

Différentes solutions « robustes » permettant de s'affranchir à divers degrés de l'objet et de son environnement

Éclairage structuré et asservissement visuel

- But : s'affranchir de la texture de l'objet, de l'éclairage
- Gains obtenus :
 - Traitement d'image simple, robuste dans le cas codé
 - Loi de commande optimisée dans le cas embarqué (stabilité, trajectoire, etc.)
- Motifs dédiés à l'asservissement visuel \neq reconstruction 3D
 - En reconstruction 3D : capteur et projecteur fixes
 - En AV : fortes rotations possibles du motif dans l'image \Rightarrow pb de décodage
 \Rightarrow motif « dédié » à l'AV
- Extension à des objets non plans
 - Cas embarqué : capteur laser adapté à des formes simples \Rightarrow comportement optimum de la loi de commande pour l'objet considéré
 - Cas déporté : motif optimisé / déformations grâce à un modèle de l'objet

Utilisation directe de la luminance

- But : traiter des images complexes, réduire le traitement d'image
- Gains obtenus :
 - Plus aucune mise en correspondance requise (y compris entre images initiale et désirée), traitement d'images basique
 - Positionnement très précis
 - Robustesse / occultations, / approximation des profondeurs, / peu de texture
- Augmenter le domaine de CV de la loi de commande
 - Méthode de minimisation
 - Utiliser les moments ?
 - Transformer l'image de luminance
- Modèles de réflexion : mesure en ligne de certains paramètres
- Extension du calcul du flot optique aux scènes spéculaires
- Variation de l'intensité lumineuse en AV : utilisation d'invariants couleurs

Contrôle actif des écoulements fluides

- Nouveau champ d'application de l'asservissement visuel
- Axe de recherche de la future équipe projet Fluminance (commune au Cemagref et à l'INRIA)
- But : contrôle de la transition laminaire / turbulent d'un écoulement fluide
- Nombreuses applications
 - Génie chimique (vitesse de réaction)
 - Militaire (signature thermique, acoustique)
 - Aéronautique (portance, trainée)
- Approche proposée
 - Dispositif de visualisation
 - Reconstruction dense de l'état du système par calcul du mouvement 2d
 - Obtention d'informations visuelles caractérisant globalement l'écoulement
 - Calcul de l'interaction \Rightarrow action sur l'écoulement



Merci de votre attention !
