



# SLAM visuel actif pour la cartographie en grande gamme dynamique

Christian Barat, Andrew I. Comport

## ► To cite this version:

Christian Barat, Andrew I. Comport. SLAM visuel actif pour la cartographie en grande gamme dynamique. XXVIème Colloque GRETSI, Sep 2017, Juan-les-Pins, France. <hal-01636402>

**HAL Id: hal-01636402**

**<https://hal.science/hal-01636402v1>**

Submitted on 24 Jan 2018

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization



# SLAM visuel actif pour la cartographie en grande gamme dynamique

Barat Christian, Andrew Comport

Laboratoire I3S, UNS-CNRS

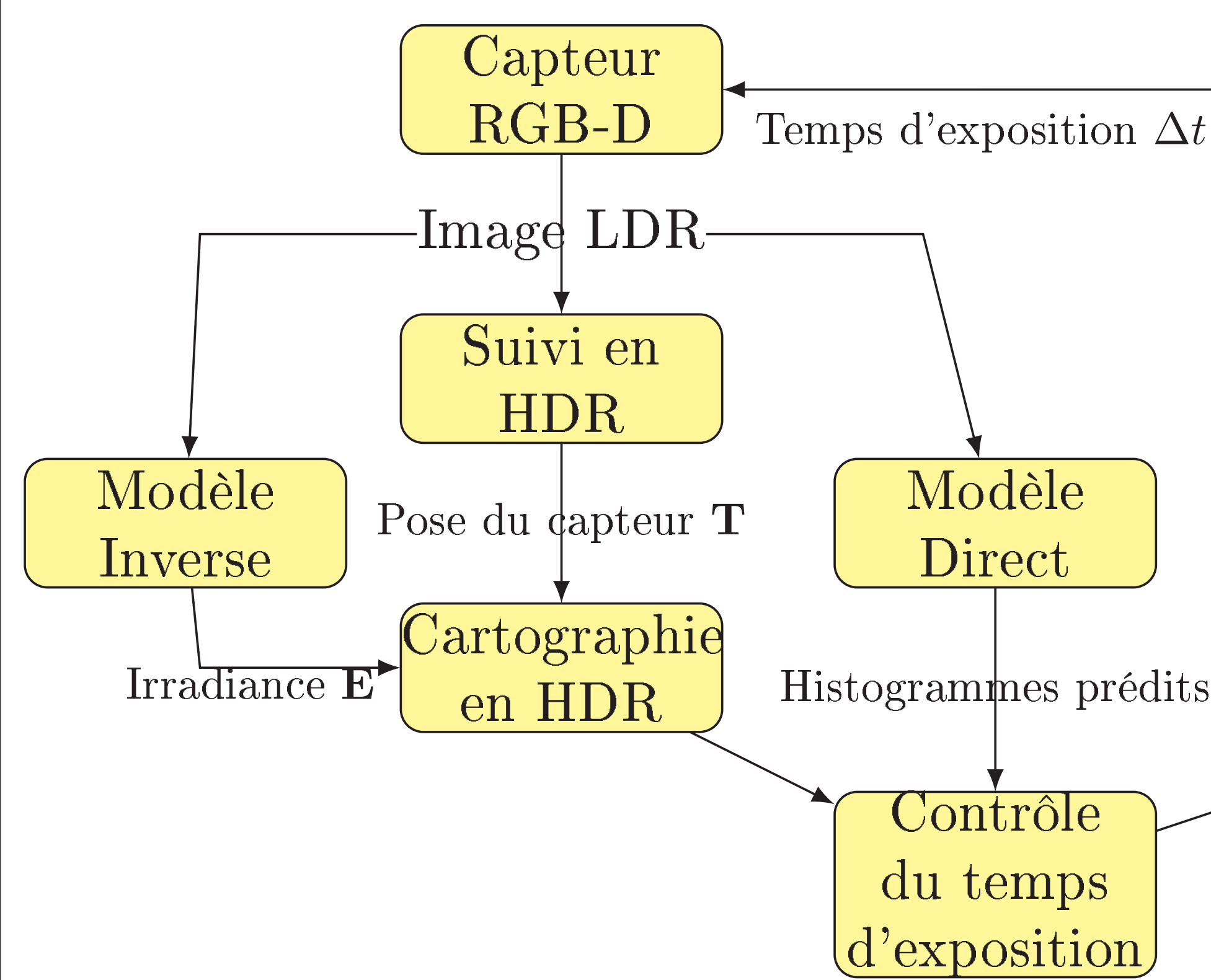
barat@i3s.unice.fr, Andrew.comport@cnrs.fr



## Introduction

L'approche visuelle dense de localisation et cartographie (SLAM) permet d'estimer la pose entre chaque acquisition et de recalibrer les images et ainsi de construire un environnement 3D généralement en basse gamme dynamique (LDR). Ce travail propose une solution pour construire des cartes 3D de l'environnement en grande gamme dynamique (HDR). L'approche est basée sur théorie de l'information avec pour objectif de contrôler le temps d'exposition du capteur en essayant de maximiser l'information de la carte de l'environnement 3D.

## Méthode Générale



**Modèle direct:** Permet de prédire une image pour un temps d'exposition différent.

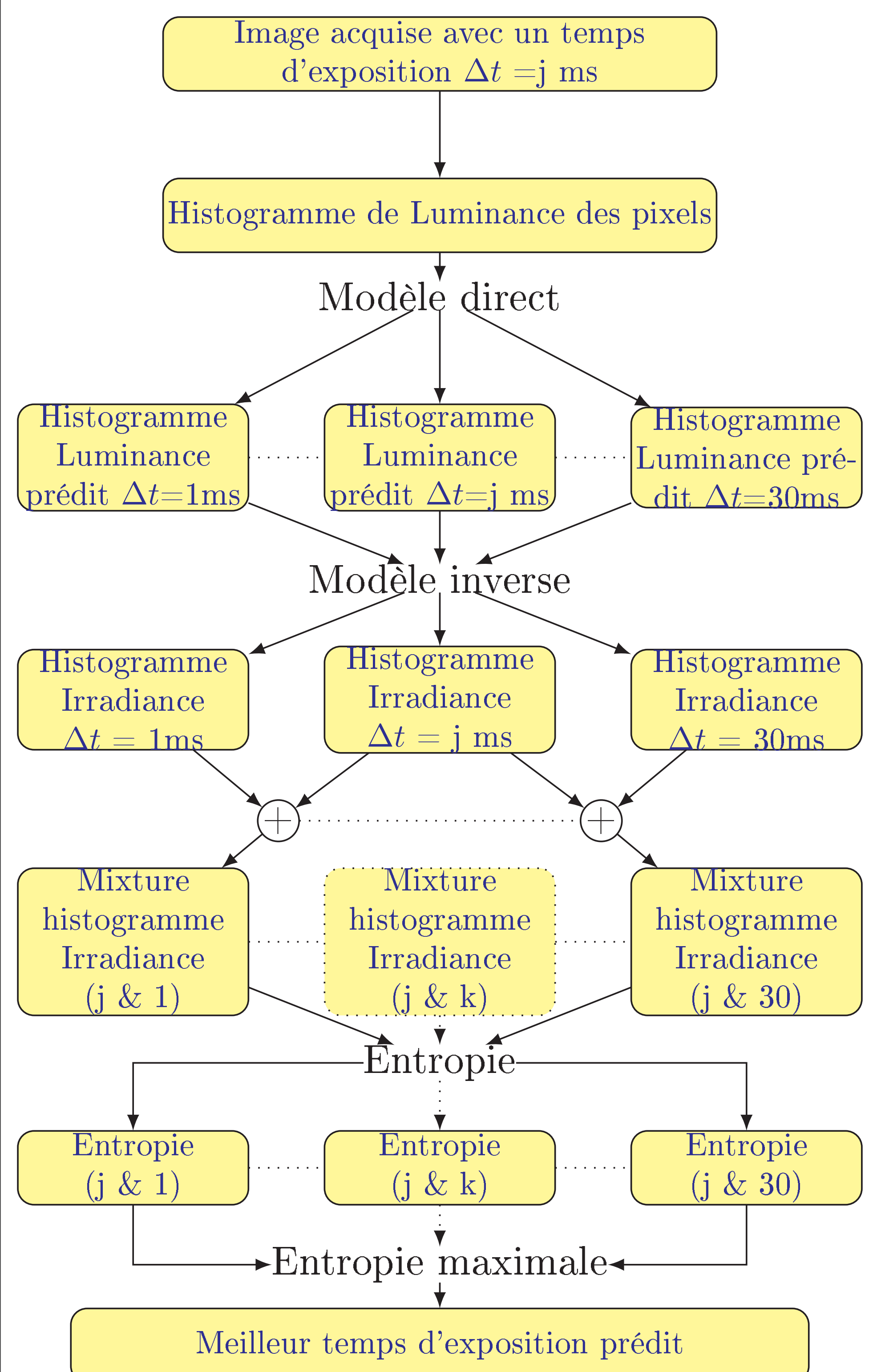
**Modèle inverse:** Permet de convertir les images de luminance en image d'irradiance.

**Suivi:** Estime la pose courante du capteur à partir d'images d'irradiance et de profondeur.

**Cartographie:** Construit la carte 3D et fusionne les images dans le domaine des irradiances.

**Contrôle:** Prédit le meilleur temps d'exposition à partir de l'histogramme courant de l'image d'irradiance.

## Contrôle du temps d'exposition



## Modèle Direct

Estimer la valeur d'un pixel  $\mathbf{I}_i^{\Delta t_2}$  pour un temps d'exposition  $\Delta t_2$  à partir d'un pixel  $\mathbf{I}_i^{\Delta t_1}$  obtenu avec un temps d'exposition  $\Delta t_1$ :

$$\mathbf{I}_i^{\Delta t_2} = A(\mathbf{I}_i^{\Delta t_1}, \Delta t_1) \mathbf{I}_i^{\Delta t_1} \quad (1)$$

avec  $\Delta t_1 = n$ ,  $\Delta t_2 = n + 1$  et  $n \in [1, 30]$  ms et  $A$  matrice de dimension  $256 \times 30$  (niveaux d'intensité  $\times$  nombre de temps d'expositions).

## Modèle Inverse

L'intensité d'un pixel  $\mathbf{I}_i^{\Delta t_j}$  dépend de la fonction de réponse de la caméra  $f$ , du temps d'exposition  $\Delta t_j$  et de l'irradiance  $\mathbf{E}$ :  $\mathbf{I}_i^{\Delta t_j} = f(\mathbf{E}_i \Delta t_j)$ . Avec le modèle inverse  $g = \ln f^{-1}$ :

$$\ln \mathbf{E}_i = g(\mathbf{I}_i^{\Delta t_j}) - \ln \Delta t_j \quad (2)$$

où  $i$  est l'indice des pixels et  $j$  l'indice des temps d'exposition.

## Suivi en HDR

**Objectif :** Estimer la transformation 3D,  $\tilde{\mathbf{T}}$  entre l'image courante  $\mathbf{I}_{HDR}$  et une image  $\mathbf{I}_{HDR}^*$  de référence prédite à partir du modèle 3D. On estime en fait le vecteur  $\mathbf{x}$  de 6 degrés tel que :

$$\tilde{\mathbf{T}} = \hat{\mathbf{T}} \mathbf{T}(\mathbf{x}) \quad (3)$$

où  $\hat{\mathbf{T}}$  est une estimée de la pose initiale  $\tilde{\mathbf{T}}$ . La variable  $\mathbf{x}$  est estimée en utilisant une méthode de Gauss-Newton pondérée:

$$\mathbf{x} = -((\mathbf{J}^T \mathbf{W} \mathbf{J})^{-1} \mathbf{J}^T \mathbf{W} e_{HDR}) \quad (4)$$

où  $\mathbf{W}$  est la matrice de poids et  $\mathbf{J}$  est le Jacobien. L'erreur  $e_{HDR}$  est définie par:

$$e(x)_{HDR} = [\mathbf{I}_{HDR}(w(\hat{\mathbf{T}} \mathbf{T}(\mathbf{x}), \mathbf{V}^*)) - \mathbf{I}_{HDR}^*(\mathbf{P}^*)] \quad (5)$$

où la fonction de projection  $w(\hat{\mathbf{T}} \mathbf{T}(x), \mathbf{V}^*)$  projette les sommets  $\mathbf{V}^*$  associés aux pixels rétro-projetés  $\mathbf{P}^*$ , avec la transformation  $\hat{\mathbf{T}} \mathbf{T}(x)$  sur le plan de l'image normalisée.

## Cartographie/fusion en HDR

Le modèle 3D (graphe d'images de référence) est mis à jour avec les nouvelles images dans le domaine des log irradiances:  $\ln(E)$ .

Pour mettre à jour le modèle 3D, on mélange la nouvelle image avec les images de référence.

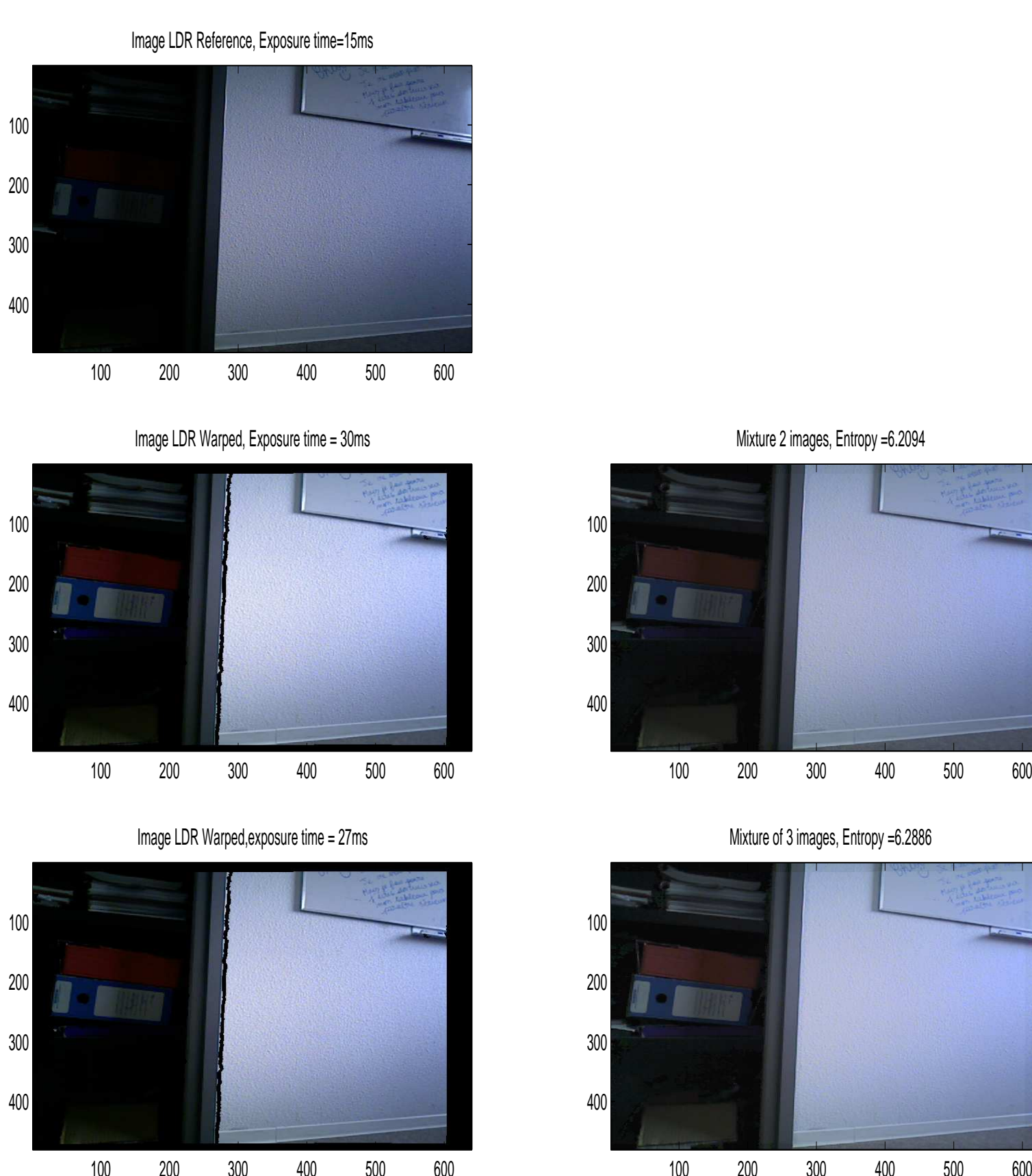
$$\mathbf{C}_{HDR}^*(\mathbf{p}, t) \leftarrow \mathbf{C}_{HDR}^*(\mathbf{p}, t-1) + h(\mathbf{I}^w(\mathbf{p}, t)) \quad (6)$$

$$\mathbf{I}_{HDR}^*(\mathbf{p}, t) \leftarrow \frac{h(\mathbf{I}^w(\mathbf{p}, t)) \mathbf{I}_{HDR}^w(\mathbf{p}, t) + \mathbf{C}_{HDR}^*(\mathbf{p}, t-1) \mathbf{I}_{HDR}^*(\mathbf{p}, t-1)}{\mathbf{C}_{HDR}^*(\mathbf{p}, t)} \quad (7)$$

où  $\mathbf{I}^w$  et  $\mathbf{I}_{HDR}^w$  sont respectivement l'image courante LDR et HDR projetées sur l'image de référence. Avec  $h$  la sensibilité du capteur:

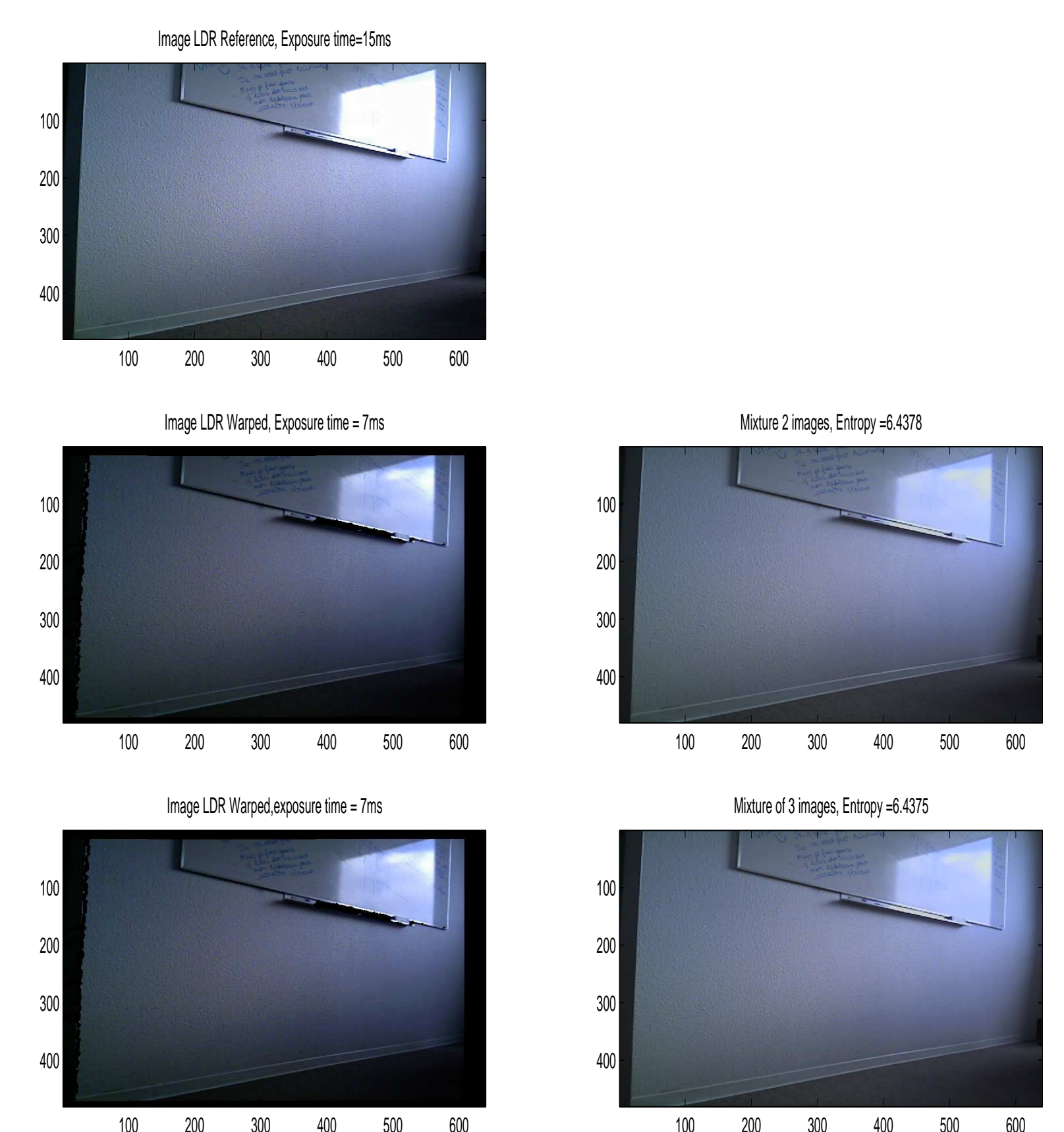
$$h(\mathbf{I}_i^{\Delta t_j}) = \frac{d\mathbf{I}_i^{\Delta t_j}}{dg(\mathbf{I}_i^{\Delta t_j})} \quad (8)$$

## Résultats : sous-exposition



**FIGURE 1** – À gauche les 3 images LDR sources acquises et à droite les images résultantes HDR. L'entropie évolue de 5.69 à 6.47. On peut remarquer que la partie gauche (sous exposée) est mieux représentée sur les images en HDR.

## Résultats : sur-exposition



**FIGURE 2** – À gauche les 3 images LDR sources acquises et à droite les images résultantes HDR. L'entropie évolue de 6.24 à 6.43. La partie réfléchie du ciel sur le tableau n'est plus sur-exposée dans l'image HDR.