

## EXTRACTION DE PARAMETRES PHYSIQUES SIGNIFICATIFS D'IMAGES NUMERIQUES

F. Kammoun, J.P. Astruc, Y. Garrabos, D. Beysens\* et P. Guenoun\*

Laboratoire d'Ingénierie des Matériaux et des Hautes Pressions du CNRS

Université Paris Nord, Av. J.B. Clément, 93430 Villetaneuse, France.

\*Service de l'état condensé, CE-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

## RÉSUMÉ

Il est possible de déterminer l'intensité absolue d'un signal lumineux enregistré par une caméra vidéo en gain automatique à partir d'une analyse du fond des images enregistrées. La méthode est basée sur la détermination de l'histogramme des niveaux de gris de cette partie dont la variance apparait comme étant inversement proportionnelle au gain de la caméra sur un large domaine de l'intensité lumineuse. Un exemple est donné avec des images enregistrées par une caméra CCD lors d'une expérience dans l'espace.

## ABSTRACT

It is possible to determine the absolute intensity of a light signal as recorded by a video camera used in the automatic gain mode from an analysis of the background of the recorded images. The method is based on the determination of the histogram of the gray levels of the last one whose inverse variance appears to be proportional to the camera gain in a large domain of light intensity. An example is given with images recorded by a CCD camera in a space experiment.

## 1. PRESENTATION DE L'EXPERIENCE PHYSIQUE

Dans le cadre d'une étude, en collaboration avec le Commissariat à l'Energie Atomique, des fluides supercritiques en état d'apesanteur, une cellule de dioxyde de carbone est embarquée à bord de la sonde TEXUS 25 en mai 1990. Des trempes thermiques ont été appliquées au fluide pour déduire ces caractéristiques et étudier l'évolution de ses paramètres. Nous nous intéressons en particulier à la température et à son gradient. Pour cela, nous éclairons la cellule avec de la lumière blanche et nous enregistrerons son image. Une grille a été mise après la cellule sans la couvrir entièrement, sa déformation sur les images filmées donne des renseignements sur les variations de l'indice de réfraction.

Les images ont été filmées par une caméra CCD et transmises vers la terre où elles ont été enregistrées en format vidéo SVHS (Figure 1).



## 2. PROBLEMES LIES A L'EXTRACTION DES PARAMETRES PHYSIQUES

Le gain automatique de la caméra est activé lors du déroulement de l'expérience. Ainsi, pour une distribution donnée de l'intensité lumineuse, le gain est réglé de sorte que les régions les plus illuminées sur le capteur correspondent à un ensemble de points ayant le niveau de gris maximum sur l'image. Cependant, la valeur du gain et sa variation suivant le temps sont inaccessibles. Ce qui fait que la luminance moyenne sur les images reçues ne suffisent pas pour déduire l'intensité lumineuse transmise ni sa variation.

## 3. METHODE D'EXTRACTION PAR L'ANALYSE DU BRUIT DE FOND

Pour lever l'indétermination, nous devons, soit utiliser comme référence le niveau de gris d'une région uniformément lumineuse sur le temps, soit extraire une information directement liée au gain. Or le fond de l'image ne peut servir de référence car il est trop sombre et la moyenne lumineuse y est bruitée. Nous nous intéressons alors au bruit sur ce fond et nous étudions ses caractéristiques sur une fenêtre  $W_d$  ayant  $\frac{1}{8}$  de la taille de l'image (Figure 1).

Nous constatons que la variance du bruit sur ces images évolue dans le temps (Figure 2) et elle dépend de la sensibilité de la caméra.



EXTRACTION DE PARAMETRES PHYSIQUES SIGNIFICATIFS D'IMAGES NUMERIQUES

F. Kammoun, J.P. Astruc, Y. Garrabos, D. Beysens\* et P. Guenoun\*

Laboratoire d'Ingénierie des Matériaux et des Hautes Pressions du CNRS  
 Université Paris Nord, Av. J.B. Clément, 93430 Villetaneuse, France.

\*Service de l'état condensé, CE-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

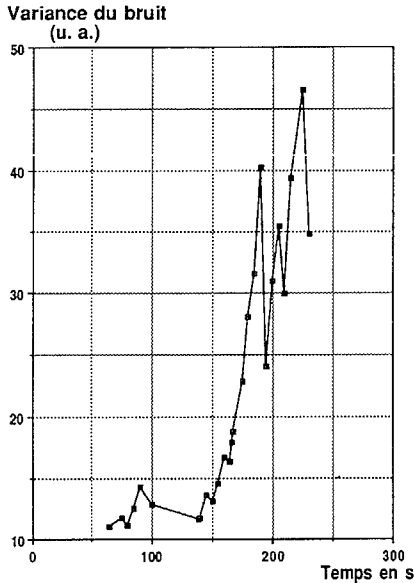


Figure 2 : Variation de la variance du bruit en fonction du temps

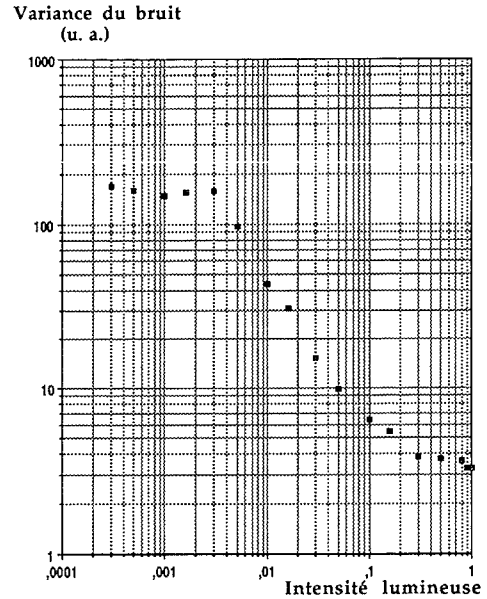


Figure 3 : variation de la variance du bruit en fonction de l'intensité lumineuse incidente

Nous calibrons la caméra pour établir une relation entre l'intensité lumineuse  $I_l$  et la variance  $v_d$  du bruit. Nous reconstituons pour cela des conditions analogues à celles de l'expérience en utilisant la même chaîne de mesures.

Nous remarquons en premier lieu que l'intensité lumineuse et la variance du bruit varient sur deux décades et sont inverses l'une de l'autre (Figure 3). Ceci implique que l'intensité lumineuse absolue transmise par la cellule est déductible à partir de  $v_d$  :

$$I_l = \frac{k'_0}{v_d} \quad (1)$$

$k'_0$  est une constante.

4. DEDUCTION DE LA MOYENNE DE LA TEMPERATURE DE LA CELLULE

4.1. RELATION ENTRE LA TEMPERATURE ET LA LUMINANCE

Nous savons que l'intensité lumineuse transmise par la cellule est proportionnelle à la différence entre la température du fluide et celle de son point critique  $T_c$  de l'expression (1), nous déduisons alors que la température  $T_0$ , des régions de la cellule correspondant aux points les plus lumineux, vérifie la relation [1] :

$$T_c - T_0 = \frac{k_0}{v_d} \quad (2)$$

$k_0$  est une constante.

4.2. TEMPERATURE MOYENNE

L'indétermination causée par le gain de la caméra est levée par l'étude de la variation de la variance du bruit, mais notre but est de déterminer la température  $\bar{T}$  moyenne du fluide dans la cellule. Nous cherchons alors à établir la relation entre l'intensité lumineuse  $I_l$  et le niveau de gris  $x$  qui en résulte pour un gain de la caméra inchangé. Nous réalisons pour cela une seconde calibration de la caméra : nous activons le gain automatique et nous effectuons des mesures par des intensités lumineuses suffisamment basses de sorte que le gain soit toujours à sa valeur maximale. Nous vérifions sur les images résultantes qu'il n'y a pas de points à 255 niveaux de gris. Nous déduisons de cette calibration que l'intensité lumineuse varie proportionnellement au carré du niveau de gris (Figure 4):

$$I_l \propto x^2 \quad (3)$$

EXTRACTION DE PARAMETRES PHYSIQUES SIGNIFICATIFS D'IMAGES NUMERIQUES

F. Kammoun, J.P. Astruc, Y. Garrabos, D. Beysens\* et P. Guenoun\*

Laboratoire d'Ingénierie des Matériaux et des Hautes Pressions du CNRS  
 Université Paris Nord, Av. J.B. Clément, 93430 Villetaneuse, France.

\*Service de l'état condensé, CE-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

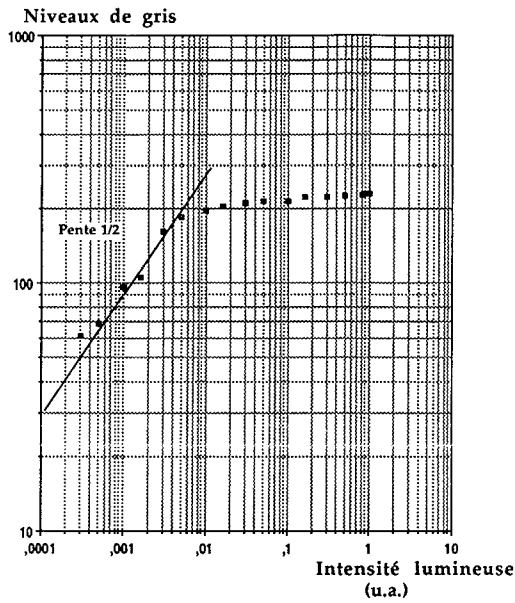


Figure 4 : variation des niveaux de gris en fonction de l'intensité lumineuse

Nous calculons la moyenne  $\bar{x}_l$  des niveaux de gris sur une fenêtre  $W_l$  ayant  $\frac{1}{7}$  de la taille de l'image, elle est située à l'extérieur de la région couverte par la grille (Figure 1). Du fait que les "collines", sur les histogrammes de la fenêtre  $W_l$ , sont étroites, nous estimons la moyenne  $\bar{I}_l$  des intensités lumineuses proportionnellement au carré de  $\bar{x}_l$ . De l'expression (3) nous déduisons que :

$$\frac{\bar{T} - T_c}{T_0 - T_c} = \left( \frac{\bar{x}_l}{x_0} \right)^2 \quad (4)$$

$x_0$  est le niveau de gris maximum (255).

De cette dernière et de l'expression (2) nous déduisons que :

$$\bar{T} - T_c = k_1 \cdot \frac{\bar{x}_l^2}{v_d} \quad (5)$$

$k_1$  est une constante.

Nous obtenons ainsi, la courbe de variation de la température moyenne de la cellule en fonction du temps après une trempes thermique et nous constatons sur la figure 5 que celle-ci réagit avec une constante de temps, ce qui nous permettra de remonter aux paramètres physiques caractérisants ce fluide supercritique (1).

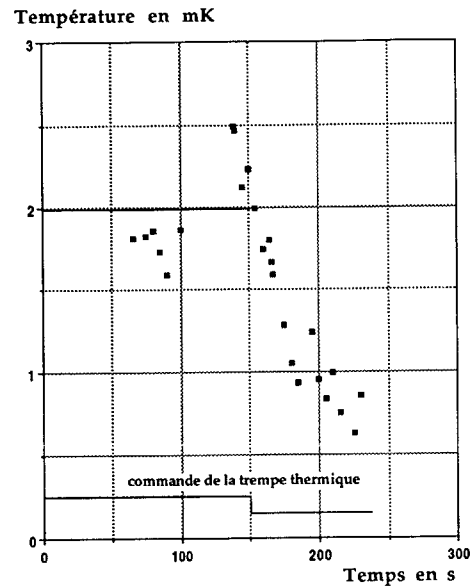


Figure 5 : Variation de la température moyenne de la cellule en fonction du temps