

À PROPOS D'IMAGES NUMÉRIQUES : INTÉRÊT ET DIFFICULTÉS DE LA DIMENSION « PHOTOMÉTRIQUE »

Jean-Claude LE TOUZÉ

Daniel BEAUFILS

Institut National de Recherche Pédagogique

Département Technologies Nouvelles

91 rue G. Péri - 92120 Montrouge

INTRODUCTION : INTENSITÉ VERSUS POSITION

Le contenu de cette présentation se situe dans la problématique de « l'image pour mesurer ». En privilégiant les situations où l'image est le support de l'activité, nous faisons référence à des pratiques identifiées de laboratoire et aux travaux antérieurs sur l'étude de mouvements par enregistrement photo (chronophotographie) ou vidéo. L'idée développée ici est d'utiliser la caméra comme capteur « photométrique ». De l'exploitation d'informations données uniquement par la position de certains pixels (x,y), on passe à l'exploitation de l'information $I(x,y)$ contenue dans la valeur des pixels.

Des exemples de calcul et de représentation des traitements cités seront montrés.

DES OUTILS FACILES À PROGRAMMER : EXEMPLES

La mesure sur l'image : de la camera-moniteur au relevé de profil

La connexion d'une caméra à un ordinateur via une carte d'*incrustation-numérisation* permet d'envisager une utilisation en optique ondulatoire où les mesures portent sur les variations d'intensité lumineuse (I) dans une image (mot pris ici au sens habituel de l'optique). Il convient de bien distinguer entre *incrustation* et *numérisation*. L'*incrustation*, utilisée en mécanique ou dans la partie réglage d'un dispositif optique (suivi qualitatif des réglages, mise au point, etc.), ne donne généralement pas accès à la mémoire vidéo. Seule la numérisation donne accès aux informations contenues dans l'image et donc aux tracés de profils, etc. Rappelons aussi l'existence de 2 types de caméras : les caméras linéaires qui utilise une barrette CCD (mesure de $I(x)$) et les caméras matricielles dont le capteur est une matrice CCD (mesure de $I(x,y)$) ; chacune possède ses avantages et ses inconvénients du point de vue didactique et technique.

Des outils d'analyse : le passage à des fonctions 2D

Les trois dimensions (x, y, I) se retrouvent donc dans l'existence d'une « fonction » $I(x,y)$, c'est à dire d'une fonction de deux variables. On peut donc généraliser en 2D les calculs « classiques » utilisés pour l'analyse d'un signal $Y(t)$:

- le lissage barycentrique avec une *matrice* 3x3 ou 5x5 pour atténuer les effets dû aux bruits ;
- la dérivée devient *gradient* : la variation d'intensité se calcule suivant x et suivant y ; notons ici que la représentation de ce gradient 2D (à distinguer du "gradient" utilisée dans les logiciels de traitement d'image qui est une fonction scalaire) nécessite deux paramètres qui peuvent être représentés par deux couleurs ;
- l'égalité de valeurs donne des *lignes* d'isointensité ;
- l'analyse fréquentielle se fait par une transformée de Fourier 2D sur des fonctions d'*espace* (et non de temps) ; son utilisation pour synthétiser des figures de diffractions sera montrée.

Des traitements spécifiques ou avancés

D'autres traitements tels que seuillage, recherche de contour, binarisation, filtrage, etc., seront présentés ; voir également des publications antérieures (*Sixièmes Journées Informatique et Pédagogie des Sciences Physiques* (Lille, 1994) ou *Journées d'études Image numérique dans l'enseignement des sciences* (INRP/CNAM, Paris 1995)).

3. LES DIFFICULTÉS ACTUELLES

A propos des couleurs

L'attention sera attirée, d'une part, sur l'utilisation intéressante mais à contrôler didactiquement de *palettes de fausses couleurs* pour visualiser des informations hors du domaine du visible (thermographie-IR en particulier). L'attention sera attirée, d'autre part, sur la reproduction par de « vraies fausses couleurs » : l'utilisation de caméra vidéo couleur et de moniteurs couleur donne *l'illusion d'avoir une information sur la couleur* (voir le diagramme colorimétrique de la CIE, la synthèse trichrome sur les tubes et le codage RGB). Il faut distinguer l'information en *luminance* qui est fiable et possède une valeur « *physique* » de celle en *chrominance* qui ne comporte donc qu'une valeur « *physiologique* ». En terme d'outils informatiques cela signifie que l'on doit séparer les outils de mesure qui doivent s'appliquer à un signal noir&blanc et les outils de restitution qui permettent de *coloriser* l'image.

A propos de la réponse en intensité, de la dynamique et de la correction gamma

L'attention sera portée sur la question du temps d'intégration des CCD (saturation, etc.), le codage en 256 niveaux de gris (qui limite la dynamique des systèmes étudiés), la différence entre valeurs des pixels des images restituées et des images numérisées et surtout le problème de la correction « gamma ». L'existence d'une *réponse non linéaire du capteur* doit être connue et prise en compte : avec une caméra vidéo, des fonctions non linéaires sont en effet utilisées pour adapter le signal à *l'organe de visualisation* (le moniteur) ; il faut donc pouvoir débrayer cette correction ou en effectuer les calculs de correction réciproque.

CONCLUSION

Les avantages potentiels de l'image 2D dans des domaines tels que l'optique sont évidents mais il faut exercer une vigilance scientifique toute particulière dès que l'on s'intéresse aux aspects quantitatifs de l'image, et plus particulièrement en ce qui concerne ces aspects photométriques. La technologie actuelle des caméscopes grand public hérite encore des avatars du passé. Ainsi, les caméras fournissent à partir de la lecture d'une *matrice* de CCD un signal analogique qu'il va falloir décoder en une *matrice* de nombres, de même la non linéarité du capteur est introduite pour s'adapter aux « anciennes » technologies des tubes télé. A quand les caméras à mémoire numérique directement accessible...

Bibliographie

- BEAUFILS (D.), LE TOUZÉ (J.C.) - « Nouveaux outils de laboratoire en sciences physiques », in *Les images numériques, Dossier de l'ingénierie éducative*, CNDP, n°21, 1995, 25-30.
- BEAUFILS (D.), LE TOUZÉ (J.C.) - "Images et nouvelles technologies pour l'enseignement de la physique", *Bulletin de l'Union des Physiciens*, n°758, 1993, 1343-1365.