Acquisition et exploitation quantitative des signaux issus de l'analyseur de faisceau LBA

J. Coutouly, Y. Lu, J. Li, J. Merlin

► To cite this version:

J. Coutouly, Y. Lu, J. Li, J. Merlin. Acquisition et exploitation quantitative des signaux issus de l'analyseur de faisceau LBA. Journal de Physique IV Proceedings, 1994, 04 (C4), pp.C4-159-C4-162. 10.1051/jp4:1994435 . jpa-00252698

HAL Id: jpa-00252698

<https://hal.science/jpa-00252698>

Submitted on 1 Jan 1994

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.

Acquisition et exploitation quantitative des signaux issus de l'analyseur de faisceau LBA

J.F. COUTOULY, Y. LU*, J. LI* et J. MERLIN

GEMPPM CALFETMAT, URA 341 du CNRS, INSA, Bât. 403, 20 avenue Einstein, 69621 Villeurbanne cedex, France

* Groupe of Laser Applied Studies, Institute of Technology, Kunming, China

I. ABSTRACT :

The present study is applied to *laser beam analyser* (LBA). The basic principles of this device have been described by Lim and Steen in 1982 and 1983 [1] [2]: in the LBA device, when a needle crosses the beam, a fraction of the radiation is reflected onto two pyroelectric detectors. The instrument is now very useful to characterize the power density distribution of a laser beam. A real time signals acquisition device has been made through an INTEL 320 computer. The crude analog signals (X and Y) of the LBA output are deformed, therefore, they don't exactly represent the true power distribution. Reconstitution of initial form by a numerical correction permits to use the signals with efficiency: the physical parameters of the beam can be defined with great precision (diameter, beam centre position), true energy distribution can be calculated by a volume integration as well. The whole corrections through a program on IBM PC is available; after corrections, the signals are used to calculate the centre position, the beam radius (R_{1/e^2}), its global power and the power density (W/cm^2) in each point of the beam section.

II. PRINCIPE GENERAL DU LBA :

Le LBA est un appareil optomécanique de conception simple: une aiguille tournante balaie le faisceau à la fréquence de 25 Hz. Cette aiguille réfléchit une fraction de l'énergie sur deux détecteurs pyroélectriques. La géométrie du système et les positions relatives entre faisceau, aiguille et détecteurs sont tels que les signaux délivrés par les deux détecteurs reflètent la répartition énergétique du faisceau selon deux trajectoires considérées en pratique comme rectilignes et orthogonales (en réalité curvilignes). L'appareil est fixe mais dispose d'une possibilité de déplacement des axes X et Y (fig. 1).

Fig. 1 : Représentation schématique du LBA.

III. ACQUISITION DES DONNEES :

En général, l'acquisition de signaux analogiques par un ordinateur ne constitue pas un réel problème; cependant, avec le LBA, il est impératif d'avoir un signal de déclenchement parfaitement bien défini pour pouvoir situer la position de l'axe F du faisceau. Cette information est très utile pour les lasers de puissance aux caractéristiques très fluctuantes dans le temps.

III.1. Référence temporelle :

La définition d'une référence adéquate est donc un préalable à l'obtention de signaux exploitables; nous avons pu montrer qu'une grandeur de temps pouvait définir le centre géométrique du LBA (point de rencontre (C) des deux trajectoires de prélèvement), position constituant le repère à partir duquel le centre du faisceau peut être déterminé. Nous avons trouvé expérimentalement qu'au bout d'un temps T de $7,13 \pm 0,01$ ms après le front montant du signal *trigger* de l'appareil, l'aiguille passe exactement par le centre géométrique C du LBA; ce repère temporel permet de situer la position de l'axe du faisceau à l'intérieur d'une fenêtre d'acquisitions centrée sur T (fig. 2).

Fig. 2 : Référence temporelle permettant des acquisitions exploitables.

III.2. Acquisitions automatiques :

C'est un ordinateur INTEL 320 muni d'une carte de conversion A/D ST701 qui a été choisi pour l'acquisition des signaux bruts du LBA. Chaque valeur discrète est acquise en déclenchement "monocoup" grâce à un boîtier électronique extérieur générant 200 impulsions permettant de couvrir une fenêtre d'acquisitions de largeur 2 ms. Ainsi, 100 données successives attribuées à chaque voie permettent de reconstituer fidèlement les deux signaux X et Y. Trois modes d'acquisition ont été réalisés :

- Un mode d'acquisition "simple" permet de suivre précisément les fluctuations du faisceau avec une période de 40 ms.
- Un mode d'acquisition "multiple" permettant d'obtenir un profil moyen représentatif du faisceau au cours d'une seconde; information intéressante sur un plan métallurgique puisque représentative du faisceau au cours d'un temps typique d'interaction pour un traitement thermique.
- Un mode d'acquisition "intermédiaire" donnant l'allure moyenne du faisceau au cours de 200ms. Ce mode présente l'intérêt de donner une représentation convenable du faisceau pour une puissance d'émission donnée.

IV. CORRECTIONS DES SIGNAUX :

L'appareil délivre deux signaux analogiques tels que ceux présentés sur la figure 5 (signaux initiaux). Or ces signaux présentent des distortions ce qui nous éloigne d'une vision directe de la réalité et rend difficile toute exploitation quantitative. On constate sur les signaux bruts que :

- (i) les bases des signaux ne sont pas tout à fait égales en amplitude de part et d'autre de l'axe central du faisceau,
- (ii) les amplitudes en début et en fin de signal sont négatives,
- (iii) le niveau au centre de chaque signal est différent selon qu'on a affaire au signal X ou à Y.

Ces distortions ont trois principales origines, et pour les compenser on a élaboré trois procédures de correction (*électrique, équilibrage, optique*).

IV.1. Correction électrique :

L'ensemble optoélectronique qui constitue le LBA se comporte globalement comme un circuit RC. Pour cette raison, les amplitudes sont négatives sur les bords des signaux et notamment en fin de signal car le condensateur équivalent est encore chargé. La correction est réalisée en deux étapes :

- détermination de la constante de temps du système
- correction numérique tenant compte de RC.

La détermination de RC procède en considérant le "résidu" de tension des signaux qui subsiste

lorsque l'aiguille vient de quitter le faisceau (*fin* du signal). Bien entendu, une fois la constante de temps RC déterminée, on peut utiliser ce résultat pour n'importe quelle mesure faite avec l'appareil.

IV.2. Correction du déséquilibre :

Lorsque l'aiguille traverse le faisceau, il existe un instant T où les deux trajectoires de prélèvement se coupent (centre du LBA); l'énergie alors reçue par les deux détecteurs est celle issue d'un même point du faisceau. Les signaux X et Y devraient à cet instant avoir la même amplitude, or dans la pratique, on constate des différences d'amplitude. Les causes de ce déséquilibre sont essentiellement dues à l'inhomogénéité des deux détecteurs et surtout des systèmes d'amplification particuliers à chacune des voies. L'équilibrage des signaux procède en prenant un signal comme référence (de préférence le plus grand: Y), le signal de l'autre voie (X) étant alors affecté d'un coefficient d'amplification ρ :

$$\rho = \frac{A_y}{A_x}$$

avec : A_y = amplitude du signal Y à l'instant T.
 A_x = amplitude du signal X à l'instant T.

IV.3. Correction optique :

Sur le schéma géométrique du LBA (fig. 3), on peut noter que la distance D entre le point de réflexion et le capteur est fonction de la localisation du point de scrutation et peut s'exprimer par:

$$D = \sqrt{h^2 + \left(2R \sin \left(\frac{\pi}{4} - \frac{k \Delta x}{2R} \right) \right)^2}$$

avec : $k = -n, -n+1, \dots, 0, \dots, n-1, n$.

$2n+1$ = nombre d'échantillonnages ($n = 0$ correspond au passage par le centre du LBA)

Δx = intervalle entre deux points échantillonnés voisins (0,1 mm)

Fig. 3 : Schéma géométrique de la trajectoire de l'aiguille et du faisceau réfléchi.

V. UTILISATION PRATIQUE :

Les signaux acquis par Le calculateur INTEL 320 sont ensuite traités selon la séquence suivante:

les résultats montrent: la différence entre signaux bruts et signaux corrigés (fig. 4), ainsi que la position du centre des signaux (calculé par intégration) par rapport au centre physique du LBA. On peut aussi obtenir le rayon du faisceau et par un traitement particulier (interpolation elliptique et intégration de volume) une cartographie des densités de puissance. Après étalonnage, il a été possible de retrouver par calcul la puissance globale transportée par le faisceau (la comparaison avec une mesure directe montre une adéquation bonne à 5% près), et la densité de puissance maximale (fig. 5).

Fig. 4 : Correction des profils issus des deux voies du LBA

Fig. 5 : Exploitation des signaux du LBA (réalisé sur IBM PC).

Références bibliographiques:

- [1] LIM G.C. , STEEN W.M. Measurement of the temporal and spatial power distribution of a high power CO2 laser beam. Optics & laser techn. 14, June 1982, 149-153.
- [2] LIM G.C. , STEEN W.M. Instrument for instantaneous in situ analysis of the mode structure of a high power laser beam. Journal of Phys. E. Sci. instr., vol 17, 1984, 999-1007.