ANALYSE PAR HYPERFRÉQUENCE ($\lambda = 8$ mm) DE L'ATTÉNUATION DE L'ONDE DE CHOC DANS UN TUBE A DEUX DIAPHRAGMES

par J.-C. LEBOUCHER, M. HOUDART et M. PINEGRE
Commissariat à l'Energie Atomique, B. P., n° 7, 93, Sevran

Résumé. — On analyse les conditions générales de propagation d'une onde hyperfréquence $\lambda = 8$ mm dans le tube à chocs à deux diaphragmes du C. E. V., puis les conditions particulières dues à l'existence du précurseur. On présente les résultats du dispositif actuel de mesure hyperfréquence de la célérité et on les compare à ceux de mesures optiques. Enfin on donne le principe d'une adaptation de la chronométrie digitale qui devrait conduire à une précision de 1 %.

Abstract. — One discusses the general features of the propagation of 8 mm microwaves in the C. E. V. double diaphragm shock tube, and then the particular features which originate from the existence of a precursor. The corresponding shock velocity measurements are given and compared with optical ones. Digital time measurements should yield the shock velocity within 1 %.

1. Dans le cadre d'une étude sur les phénomènes précurseurs d'onde de choc intense, nous venons de mettre au point un tube à choc à deux diaphragmes ($\varnothing_i = 100$) permettant de créer des ondes de choc de l'ordre de 10 000 m/s dans l'argon sous 1 torr [1].

Cet exposé a pour objet de présenter nos premiers résultats expérimentaux de mesure de l'atténuation de la vitesse du front de choc par réflexion d'une onde hyperfréquence 8 mm.

La mesure s'effectue dans un tube en acier de 10 cm de diamètre intérieur et la longueur d'exploration est d'environ 8 m. La densité électronique derrière le front de choc est $\simeq 10^{17}$ cm $^{-3}$.

2. Le principe de la mesure est une application de l'effet Doppler à la mesure de la vitesse d'un plan réflecteur par ondes millimétriques (ici $F = 35$ GHz).

Nous avons la relation classique

$$\frac{\Delta F}{F} = \frac{2U}{C} \quad \text{ou} \quad \Delta F = \frac{2U}{\lambda_g}.$$

Expérimentalement nous enregistrons un signal de fréquence $\Delta F(t)$. Connaissant F nous en déduisons $U(t)$.

3. Les difficultés de mesure viennent de la présence d'un précurseur électronique de densité $n_e \simeq 10^{12}$ cm $^{-3}$ en avant du front de choc.

Habituellement on choisit $\lambda \simeq \varnothing_{\text{tube}}$ pour que la propagation soit monomode à l'intérieur du tube.

Dans le cas de chocs intenses avec précurseur, la mesure de vitesse n'est plus valable car l'onde se réfléchit en avant du front de choc (voir Hill [réf. 2]).

Pour améliorer la mesure en présence d'un précur-

seur, nous utilisons $\lambda = 8$ mm $< \varnothing_{\text{tube}} = 100$ mm, afin de se réfléchir le plus près possible du front de choc.

L'inconvénient de prendre $\lambda < \varnothing_i$ se manifeste par l'existence d'une propagation multimode à l'intérieur du tube. Pour réduire le nombre de modes, il faut adapter la source au tube à choc. Pour cela nous passons du guide rectangulaire 8 mm au guide surdimensionné (formé par le tube à choc) par l'intermédiaire d'une transition conique longue de 40 cm.

Dans ce cas le calcul (3) montre que les modes prédominants à la sortie du cornet sont du type H_{11} et E_{11} .

Cependant, le tube jouant le rôle d'un guide surdimensionné, apparaît comme une cavité semée de pièges et qui possède de nombreuses ruptures d'impédance (tels que fenêtres et joints) susceptibles d'exciter d'autres modes parasites.

4. L'étude expérimentale consiste essentiellement à suivre le train d'ondes stationnaires à l'intérieur du tube en utilisant un système de détection de phase.

La planche 1 représente le signal détecté par une plaque métallique se déplaçant à vitesse constante. Ceci nous a permis de mettre en évidence la présence de plusieurs modes parasites.

Sur la planche 2 on a présenté le dispositif expérimental pour la mesure de la célérité du front de choc.

Nous enregistrons sur 8 voies d'oscilloscopes le signal Doppler, ce qui nous donne $U(t)$.

Une horloge, à base de temps variable ΔT , permet de déclencher les 8 voies pour analyser les 8 m de tube.

La planche 3 donne l'enregistrement de ces 8 points au cours d'un même tir.

(a)

FIG. 1d. — Détection de vitesse dans le tube du front d'onde.

(b)

(e)

(c)

(f)

FIG. 1a, 1b, 1c, 1e et 1f. — Détection de vitesse dans le tube d'une plaque métallique.

(a)

(b)

(c)

(d)

FIG. 3a, 3b, 3c, 3d. — Célérité de l'onde mesurée en 8 points pour un même tir (n° 46), ΔT horloge = $190\mu\text{s} - 2\mu\text{s}/\text{carreau}$ - $10\text{ mV}/\text{carreau}$. Nota : Les traces de la figure 3d sont très perturbées car on se trouve dans un endroit de surtension trop élevé.

FIG. 2. — Schéma général de la mesure de vitesse.

FIG. 4.

On vérifie la validité de la mesure hyperfréquence en contrôlant cette vitesse en quelques points : soit par une mesure ponctuelle avec une caméra à fente, soit par une mesure moyenne entre PM_3 et PM_4 .

La précision de la mesure est actuellement de quelques %.

Sur la planche 4 nous avons rassemblé nos premiers résultats.

Nous envisageons d'améliorer la mesure en adjoignant une chronométrie digitale série qui nous permettra d'atteindre une précision de l'ordre de 1 % sur cette mesure de vitesse.

Bibliographie

- [1] LEBOUCHER (J.-C.), PINEGRE (M.) et VALENTIN (P.), Réalisation et performances d'un tube à choc à combustion à deux diaphragmes. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 1970, A 270, 1330-1333.
  - [2] HILL (R. J.), Precursor effects and the measurement of shock velocities in argon. Rolls-Royce Limited, R. R. (OH), 157, 1964.
  - [3] TOMIYASU (K.), Conversion of a TE_{11}^0 mode by a large diameter conical junction. *I. E. E. E.*, 1969, M. T. T. 17, 277-279.
-