

COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE  
INSTITUT DE PROTECTION ET DE SURETE NUCLEAIRE

DEPARTEMENT DE SURETE NUCLEAIRE



3

FR82034 83

RAPPORT DSN N° 519

CINEMA GRANDE VITESSE  
INSTRUMENTATIONS ET APPLICATIONS

G. BERTIN-MAGHIT, C. DELLI  
M. FALGAYRETTES

ANRT Symposium on high speed photography  
Paris, France 9 - 10 Dec 1981  
CEA-CONF--6394

**RAPPORT DSN N° 519**

**CINEMA GRANDE VITESSE  
INSTRUMENTATIONS ET APPLICATIONS**

**G. BERTIN-MAGHIT, C. DELLI  
M. FALGAYRETTES**

ANRT Symposium on high speed photography  
Paris, France 9 - 10 Dec 1981  
CEA-CONF--6394

RESUME

La présente communication a pour but de présenter sur le plan technique un film tourné à 5000 Images/seconde concernant l'expansion d'une bulle de gaz en eau, l'objectif cherché étant la détermination de son volume et de sa vitesse d'expansion.

La caméra ultra-rapide 16 mm équipée d'un objectif super grand angulaire a été disposée devant un hublot en plexiglass placé face à la bulle. La rampe d'éclairage entourant la bulle est constituée de 10 flashes rapides de 60 ms de durée, déclenchés en cascade.

# VISUALISATION EN EAU D'UNE BULLE DE GAZ EN EXPANSION

## I - INTRODUCTION

Pour des besoins expérimentaux il nous faut connaître avec précision des phénomènes brefs d'une durée moyenne de 30 ms.

Notre choix s'est porté sur la cinématographie rapide pour la visualisation et la mesure de paramètres dimensionnels.

L'exposé qui va suivre présente les résultats tirés d'un film 16 mm tourné à 5000 Images/seconde par une caméra ultra-rapide Hitachi.

Les grandeurs à déterminer sont : le volume et la vitesse d'expansion d'une bulle de gaz générée dans de l'eau.

## II - DESCRIPTION

L'expérience est réalisée dans une cuve métallique de  $1 \text{ m}^3$  environ, partiellement remplie d'eau. Sur la paroi de la cuve est monté un hublot en plexiglass derrière lequel est placée la caméra. Un éclairage extérieur n'étant pas possible, nous avons installé à l'intérieur, sur un support circulaire, des lampes flash Sylvania type 3 qui ont une durée de vie de l'ordre de 60 ms. Le phénomène durant sensiblement trois fois plus de temps, nous avons été obligés de déclencher les flashes en cascade par l'intermédiaire d'un programmeur de temps réglable. Cet appareil nous permet de déclencher dix flashes en 5 groupes de deux, afin d'avoir un éclairage permanent et puissant pendant 125 ms.

L'éclairement n'est pas exactement le meilleur, mais le seul possible vu les structures géométriques de notre installation. Ce système d'éclairage est composé de lampes flash enfermées dans des boîtiers métalliques étanches dont le couvercle est constitué d'un épais bloc de plexiglass surmonté d'un miroir plan incliné à  $45^\circ$  et réfléchissant la lumière en direction de la bulle.

Les dimensions géométriques nous ont obligés à visualiser avec un système optique un peu particulier composé d'un objectif 35 mm NIKKOR et d'un conver-tisseur transformant la focale à  $35 \times 0,15 = 5,25$  mm.

### III - MESURE DU DIAMETRE DE LA BULLE

Les résultats sont obtenus de la manière suivante :

- Une mire quadrillée étalon placée dans le plan médian vertical de la cuve est filmée de façon à être surimpressionnée à l'image de la bulle lors de l'observation.

- La mesure ainsi faite donne la dimension  $D_p$  de la projection du diamètre de la bulle sur le plan de mire depuis un point de vue situé au centre de la pupille d'entrée de l'objectif (grand-angulaire) de la caméra.

- Afin de s'affranchir des réfractions, il faut considérer en réalité l'image de cette pupille d'entrée dans l'eau, la construction géométrique se faisant alors dans un seul milieu.

### IV - CALCULS

Le hublot est remplacé par son épaisseur d'air équivalente :

$$e' = \frac{139}{n_{\text{plexi}}} = \frac{139}{1,49} = 93,3 \text{ mm}$$

La pupille de l'objectif étant 17,7 mm en arrière du sommet de sa lentille frontale (distance mesurée), on a finalement (Fig 1)

distance pupille - paroi d'eau :  $x_0$

$$x_0 = 93,3 + 4,7 + 17,7 \text{ mm}$$

$$x_0 = 115,7 \text{ mm}$$

#### IV.2. Influence du décentrement de la bulle

Le centre de la bulle étant à 185 mm au dessous de l'axe optique horizontal, la construction géométrique se fait dans un plan incliné de l'angle  $\beta$  (fig. 2).

Les distances à considérer dans ce plan sont  $e$  et  $x$  tels que

$$x = \frac{x_0}{\cos \beta} \quad \text{et} \quad e = \frac{e_0}{\cos \beta}$$

$$\text{avec } \operatorname{tg} \beta = \frac{185}{x_0 + e_0} = \frac{185}{615,7} = 0,30047$$

$$\text{donc } \beta = 16,72^\circ$$

$$x = 120,8 \text{ mn}$$

$$e = 522,1 \text{ mn}$$

#### IV.3. Calcul de $D_p/2$ et du rayon de la bulle

La figure 3 permet d'écrire immédiatement les relations suivantes :

$$\frac{D_p}{2} = (x' + e) \operatorname{tg} \alpha'$$

$$R = \frac{D_p}{2} \operatorname{Cos} \alpha'$$

$x$  et  $e$  étant constants.

Or  $x'$  varie en fonction de  $\alpha$ , du fait de l'aberration sphérique du dioptré plan air-eau.

Donc à chaque valeur de  $\alpha$  correspond une valeur de  $\alpha'$  et une valeur de  $x'$  données par les relations :

$$\cdot \sin \alpha' = \frac{1}{n} \sin \alpha \quad (\text{réfraction}) \quad n \text{ étant l'indice de l'eau}$$

$$\cdot x' = x \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \alpha'}$$

Il faut donc calculer les valeurs de  $\frac{D_p}{2}$  et R en prenant  $\alpha$  comme paramètre (variant par exemple avec un pas de  $0,5^\circ$ ) de façon à tracer la courbe :

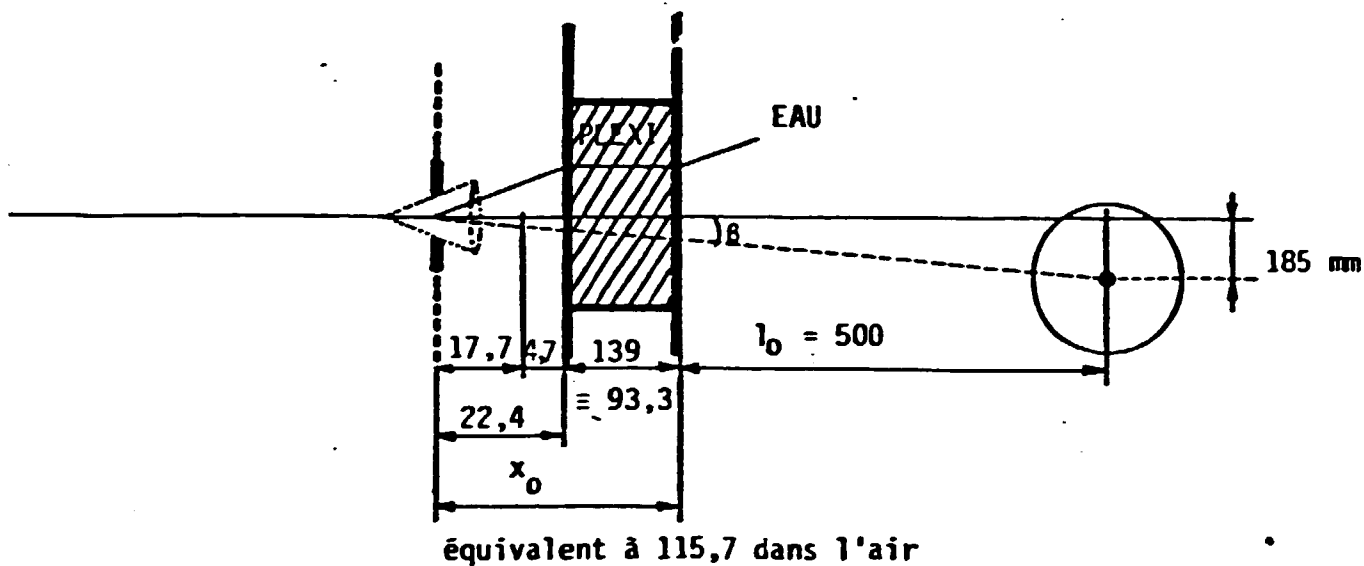
$$R = f \left( \frac{D_p}{2} \right)$$

#### IV.4. Détermination de R

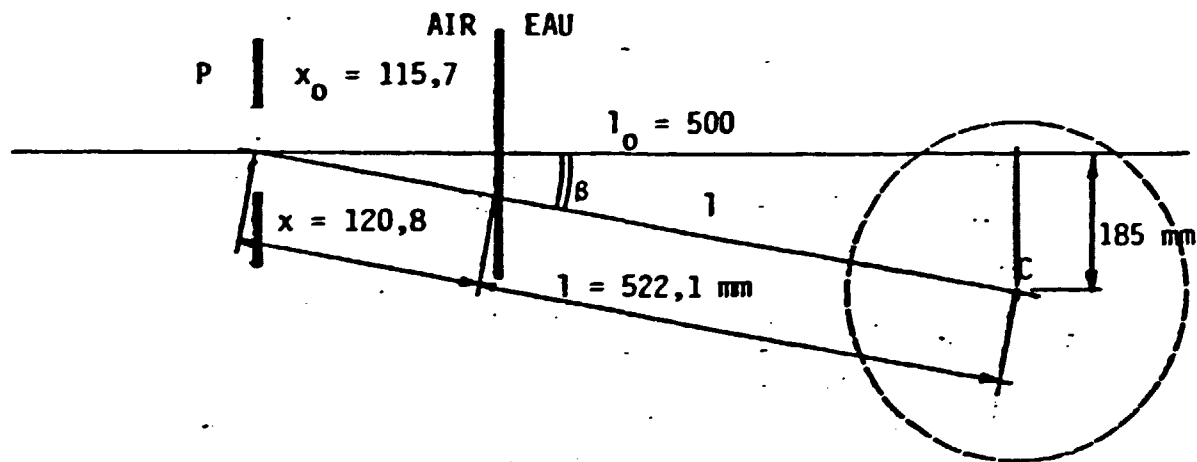
Elle se fera alors graphiquement, à partir de la valeur de  $\frac{D_p}{2}$  mesurée sur l'image projetée de la bulle.

F I G U R E S

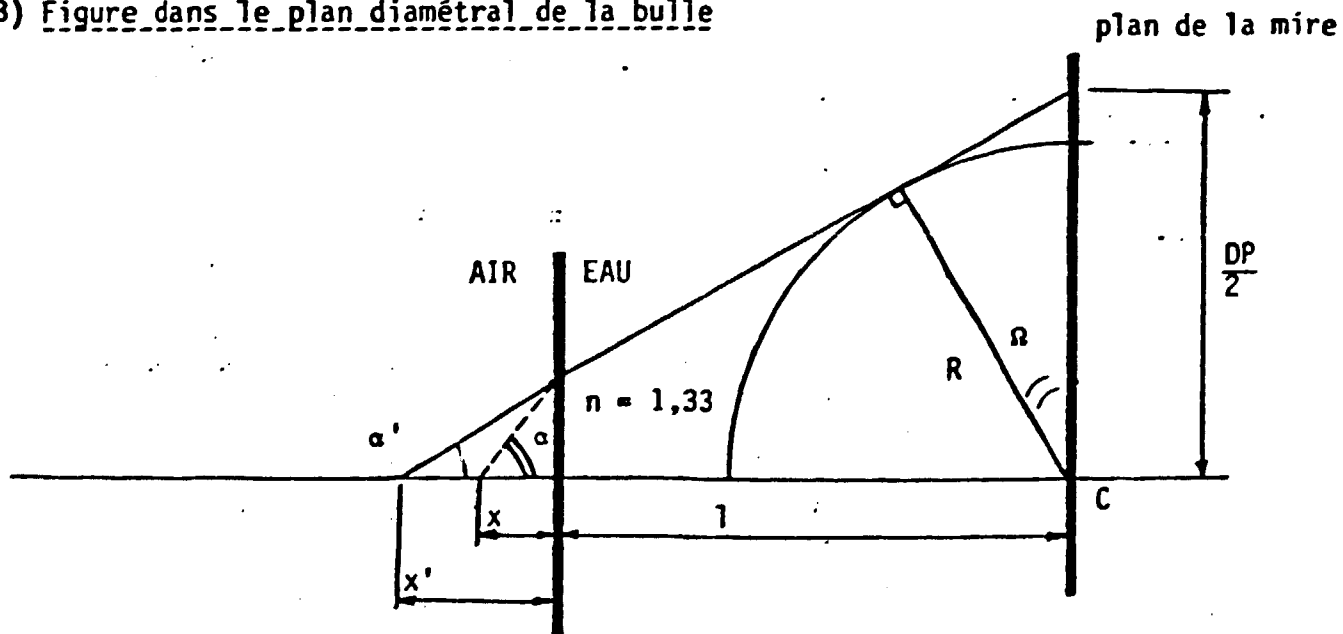
1) Vue d'ensemble



2) Projection des distances sur le plan diamétral de la bulle



3) Figure dans le plan diamétral de la bulle





**DESTINATAIRES**

**DIFFUSION CEA**

M. le Haut-Commissaire  
 Dg AEN  
 DCS  
 IPSN  
 DSN  
 DSN : M. SCHMITT  
 SASR  
 SASCEL  
 SAF  
 SAER  
 SARRD  
 SRNR  
 BRTSN  
 SASICC  
 SESLU  
 BPI  
 SEC  
 SESECT  
 SRS

SES  
 SENR  
 SEEL  
 LRES  
 SEESNC  
 LEESN  
 SESTR  
 SIES  
 SEAREL  
 DPr-FaR  
 DPr-Cad : M. GRAUBY  
 DEDR Saclay  
 DRNR Cadarache  
 DRE Cadarache  
 DER Cadarache  
 DMT Saclay  
 DMECN Saclay  
 DTCE Grenoble  
 DSMN FaR

**DIFFUSION HORS CEA**

Secrétariat Général du Comité Interministériel de la Sécurité Nucléaire : M. AUGUSTIN  
 Service Central de Sûreté des Installations Nucléaires : M. de TORQUAT (+ 3 ex.)  
 Ministère de l'Industrie, DII - Lyon : M. DELMAS  
 Direction Générale de l'Energie et des Matières Premières : M. BEAUFRERE  
 Conseil Général des Mines : M. CLERMONT  
 DIGEC  
 FRAMATOME : M. le Directeur Général  
 NOVATOME : M. le Directeur Général  
 TECHNICATOME : M. le Directeur Général  
 EdF/Etudes et Recherches  
 EdF/SEPTEN (2 ex)  
 EdF/SPT  
 M. SCHNURER - Bundes Ministerium des Innern - BONN (RFA)  
 M. SEIPEL - Bundes Ministerium für Forschung und Technologie - BONN (RFA)  
 M. BIRKHOFFER - Technische Universität München - GARCHING (RFA)  
 M. KELLERMAN - Gesellschaft für Reaktorsicherheit - KOLN (RFA)  
 M. LAFLEUR - U.S.N.R.C. - WASHINGTON (E.U.)  
 M. MINOGUE - U.S.N.R.C. - WASHINGTON (E.U.)  
 M. KINCHIN - U.K.A.E.A. - Safety and Reliability Directorate - RISLEY (G.B.)  
 M. CHARLESWORTH - Nuclear Installations Inspectorate - LIVERPOOL (G.B.)  
 M. ALONSO - Junta de Energia Nuclear - MADRID (ESPAGNE)  
 M. CARLBOM - Department of Safety and Technical Services - NYKOPING (SUEDE)  
 M. NASCHI - Direttore Centrale della Sicurezza Nucleare e della Protezione Sanitaria  
 ROMA (ITALIE)

**COPIE (SANS P.J.)**

M. BARRE (Attaché près de l'Ambassade de France aux Etats-Unis)  
 M. CHAVARDES (Attaché près de l'Ambassade de France au Japon)  
 M. WUSTNER (Attaché près de l'Ambassade de France en RFA)