

AD-A040 635

INSTITUT FRANCO-ALLEMAND DE RECHERCHES SAINT-LOUIS (F--ETC F/G 14/5  
RESEARCH AND DEVELOPMENT OF AN EQUIPMENT FOR CINERADIOGRAPHY (E--ETC(U)  
APR 75 F JAMET, F HATTERER, R CHARON

UNCLASSIFIED

ISL-R-113/75

NL

1 OF 1  
ADA  
040635



END  
DATE  
FILMED  
7-77

AD A 040635

B.S. (1)

(Etude et Realisation d'un Equipement de Cineradiographie)

6 Research and Development of an Equipment for Cineradiography

14

REPORT (ISL-R-113/75)

Authors

10

F. Jamet, F. Hatterer, and R. Charon

12/20p.

11

11 April 1975

St. Louis (France): Institut Franco-Allemand de Recherches

English Language Translation

by

Mr. Ted Bear (Historian)

Dr. Louis H. Cohen  
(Motion Picture Production Specialist)

20 May 1977

DDC  
JUN 16 1977  
A

THIS DOCUMENT HAS BEEN APPROVED FOR PUBLIC  
RELEASE AND RESALE; ITS DISTRIBUTION IS UNLIMITED

AD No. \_\_\_\_\_  
DDC FILE COPY

Air Force Flight Test Center

Edwards Air Force Base, California

154 100

1B



"Etude et Realisation d'un Equipement de Cineradiographie"

("Research and Development of an Equipment for Cineradiography")

ABSTRACT

Although the theory of cineradiography is very well known, it is not used much because it often requires large installations that are costly and not easy to learn how to use correctly.

The authors describe an installation of flash-radiography which can obtain six images of a rapid phenomenon with the possibility of selecting a very short time interval between two pictures. The equipment includes six flash radiography instruments which deliver 20ns X-ray pulses. The voltage applied to the tubes does not exceed 300kV. The flash radiography tubes are connected to the high voltage pulse generators by co-axial cables. This configuration allows the X-ray sources to be placed close to each other, thus minimizing parallax. The time delay between the synchronization signal and an X-ray pulse, detected by a photo-multiplier tube, is measured with a precision of plus or minus 5ns.

Several examples are shown of the recording of shaped charge jets.

TABLE OF CONTENTS

	Page
I. Introduction. . . . .	7
II. Description . . . . .	7
III. X-Ray Recordings. . . . .	8
IV. Measuring Time Intervals. . . . .	8
V. Applications. . . . .	8
VI. Conclusion. . . . .	9
Bibliography. . . . .	9
Figures . . . . .	I

## I. Introduction

Certain studies (as, for example, the fragmentation of the jet of a shaped charge, the projection of fragments, etc.) in order to be done successfully, require the recording of several successive shots of the same phenomenon.

The methods used to obtain cineradiographic recordings are very diverse, and their discussion goes beyond the scope of this report. However, let's simply recall that if the time interval between two images must be very short (less than a few microseconds), it is necessary to use several sources of pulsed X-rays fired successively in order to obtain a cineradiography. The separation of the images is achieved very simply by using an aperturing slit.

This method is cumbersome and allows the recording of only a limited number of small pictures. However, the frequency of the images is practically unlimited, and this sort of installation can also be used to make stereo radiographic recordings.

The studies being carried out at ISL on shaped charges led us to build such an installation for cineradiography.

## II. Description of the Installation

The cineradiography installation includes six flash

radiography systems triggered successively, with an aperturing slit to separate the images.

The first figure illustrates the method used to separate the images: two sources of X-rays, a distance "s" apart, generating images of width "i" of an object placed within a slit of width "d." The images are contiguous if the relationship

$$s = d \left( 1 + \frac{a}{b} \right)$$

is satisfied, and a and b representing the distance from the source to the aperturing slit and the slit to the film respectively.

The ratio b/a should never exceed 0.1 so that the geometric image blur remains small. From this you get the result  $s = 11d$ , a distance which should be kept as small as possible in order to avoid parallax distortions.

For the observation of shaped charge jets, we adopted a slit width of  $d = 20\text{mm}$ , which in turn made it necessary to separate the sources of X-rays by 220mm. This value can be achieved only if the flash radiography tubes are removed from the large casing containing the high voltage pulse generator. Therefore, the tubes were mounted in special tubeheads connected to the Marx generators by high voltage cables. In this arrangement, the flash radiography systems emit X-ray pulses 20ns in duration, the maximum voltage applied to the tubes being 300kV. (The

design of these high voltage pulse generators was the subject of a previous report [1].)

The location of the six tubes is shown schematically in figure 2.

### III. X-ray Recordings

The radiographic pictures are recording on films placed between high-resolution, fluorescent intensifying screens. The overall blur is 0.2mm based on 3 components: 0.15mm geometric blur, 0.05mm for blur caused by the screens and the film, and 0.15mm for motion blur.

### IV. Measuring Time Intervals

The time interval between the synchronization signal and an X-ray pulse is measured by a multichronometer (figure 3).

The synchronization signal produced by the object under study (in this case the short-circuiting of wires placed on the shaped charge) is sent simultaneously to the delay generators and to the multichronometer. The delay generators transmit pulses to the amplifiers (2) which trigger the X-ray sources.

A photomultiplier detects the X-rays and delivers a series of pulses which are transmitted to six channels of the multichronometer by means of a distributor. The precision of the measurement is  $\pm 5\text{ns}$ .

## V. Applications

Our cineradiography installation was used to study the fragmentation of the jet of a shaped charge as well as for measuring the speeds of the front edge of residual jets which have penetrated a target.

The results obtained will be the subject of later reports and the radiographs shown here are only for illustrating how measurements are made. Figure 4 shows the burst of the jet of a charge Model S2T [ISL shaped charge of 36mm outside caliber including a conical copper liner with a  $40^{\circ}$  apex angle and 31 grams of explosive (3)] after it penetrated steel targets 10mm and 30mm thick. The first pictures, immediately after the jet comes out of the target, allow a good study of the deformation of the exit face.

Figure 5 shows the fragmentation of a jet with a S2T charge. The speed at the front of the jet is 7200 m/s and the difference in speed between the two successive fragments is of the order of 200 m/s. The time zero reference corresponds to the short circuiting of wires placed between the booster charge and the explosive of the shaped charge.

## VI. Conclusion

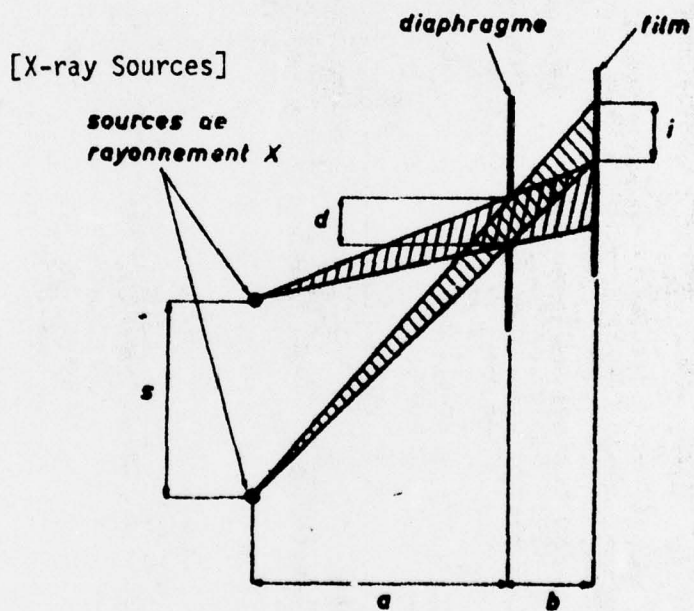
A flash radiography installation consisting of X-ray sources was developed and used for cineradiography studies of shaped charge jets. The time interval separating

2 successive images can be very short and measured with a precision of  $\pm 5\text{ns}$ .

This installation is also quite suitable for stereo radiography pictures.

### Bibliography

- [1] F. Hatterer, F. Jamet, G. Thomer  
A 750kV Impulse Generator and its Application to the  
Production of X-ray and Electron Flashes.  
ISL - 10/72
  
- [2] F. Jamet  
The Development of a Trigger Apparatus for Flash X-ray  
Generators.  
ISL- N 30/71
  
- [3] E. Perez  
The Physics of Shaped Charges: Experimental Results  
and Recent Theoretical Considerations.



**fig. 1: Principe de la séparation des images avec un diaphragme**  
[Principle for Separating Images by Means of an Aperturing Slit]

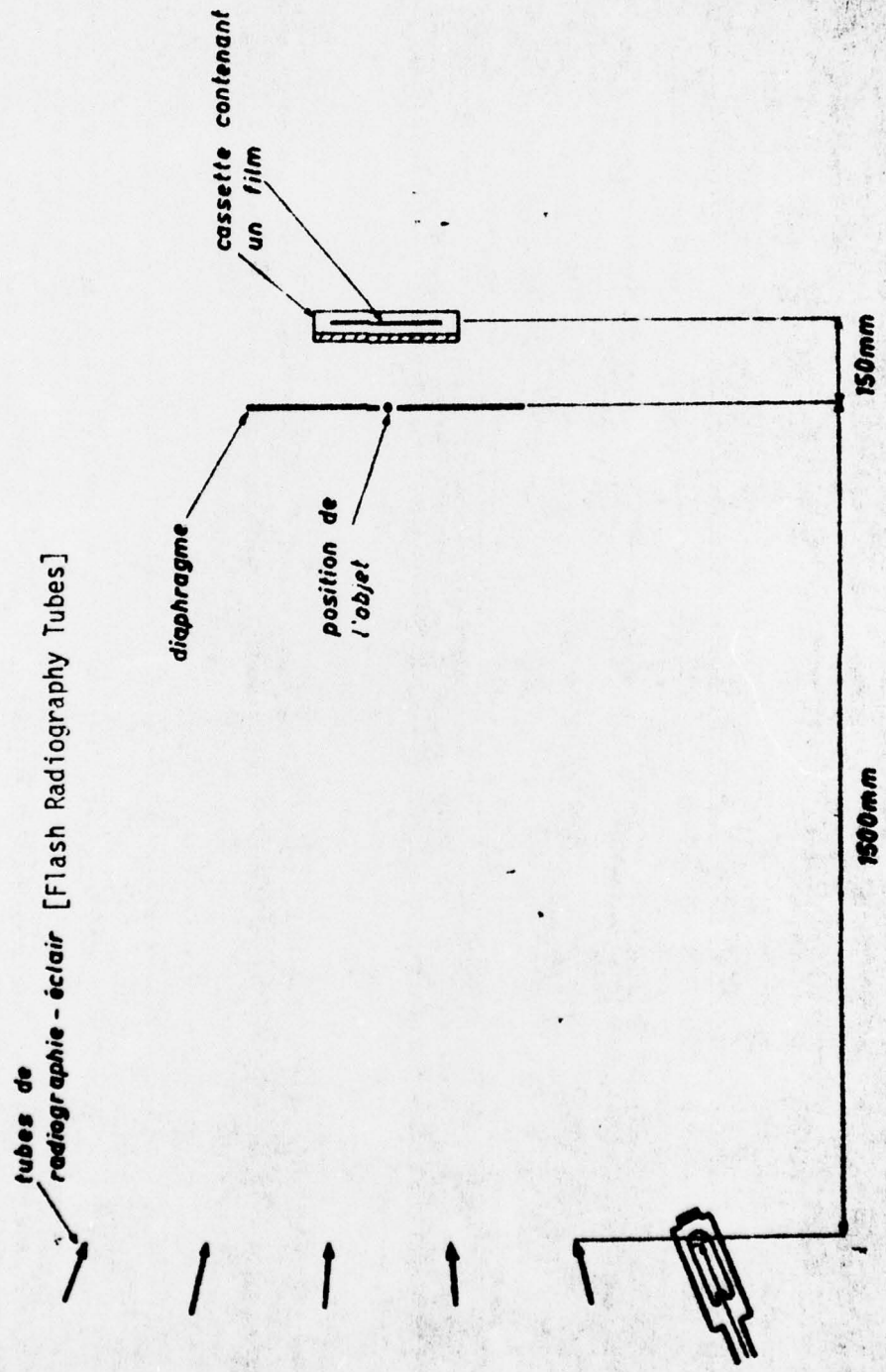
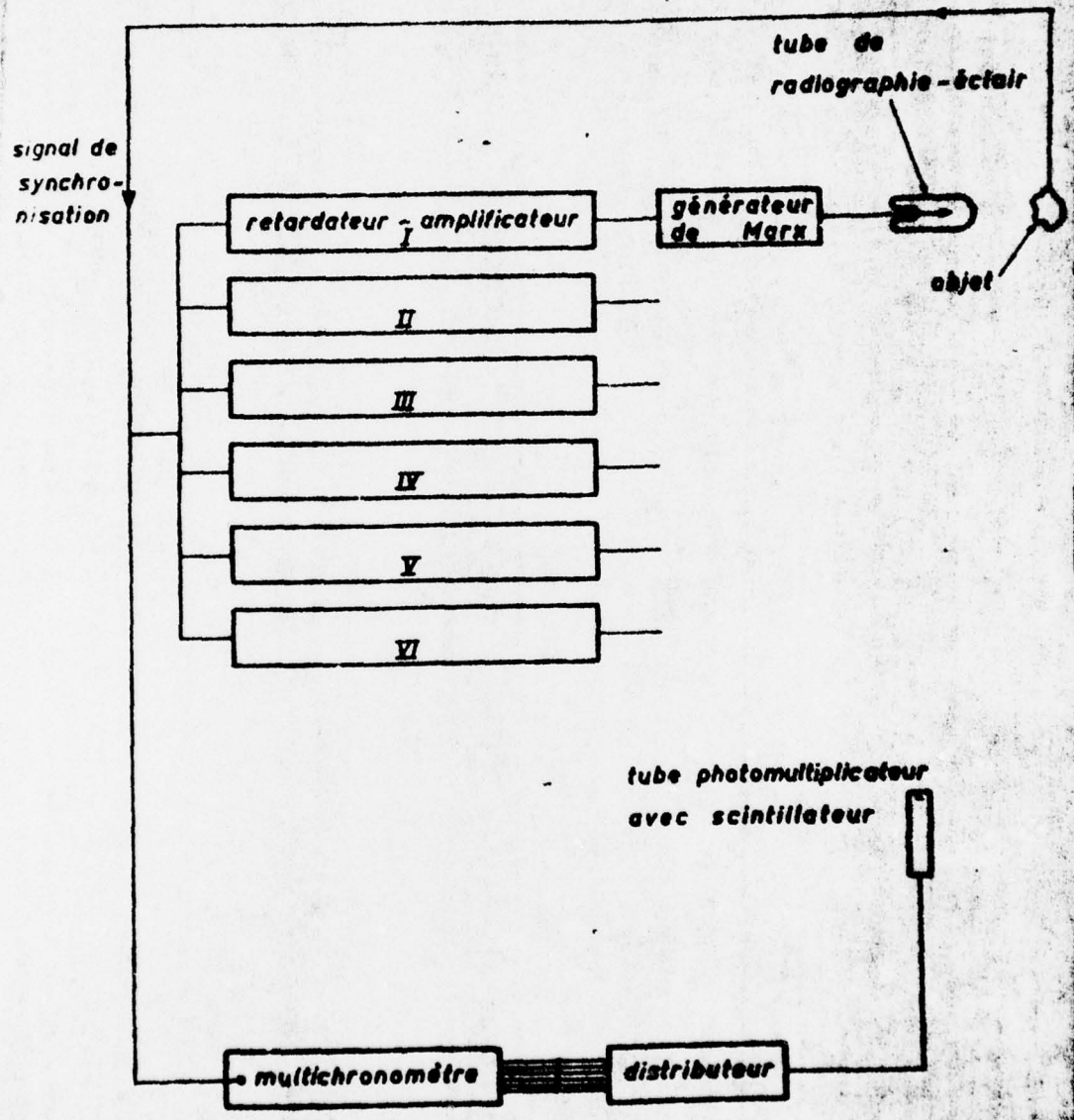


fig. 2: Schéma du montage d'une installation de cinéradiographie à 6 tubes pour l'observation de jets de charges creuses [Layout of a cineradiographic installation with 6 tubes for observing shaped charge jets]



**fig. 3** : Diagramme indiquant le principe de la mesure des intervalles de temps  
[Diagram showing the method for measuring time intervals]

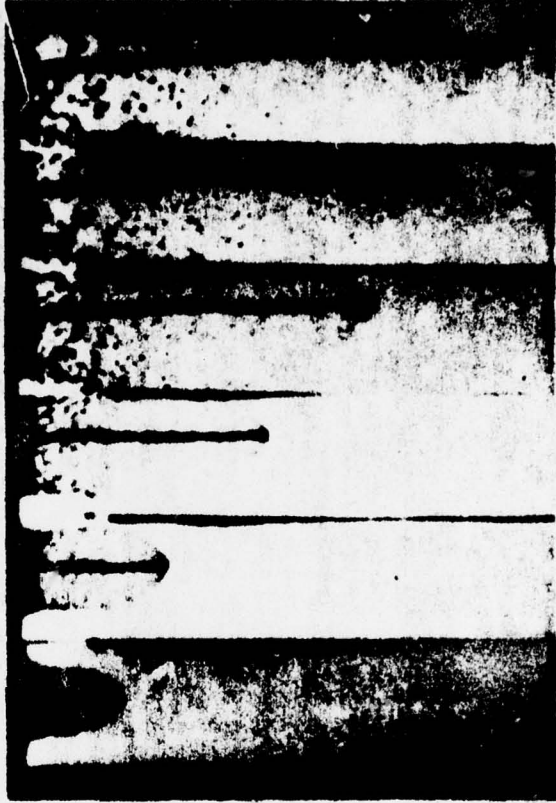
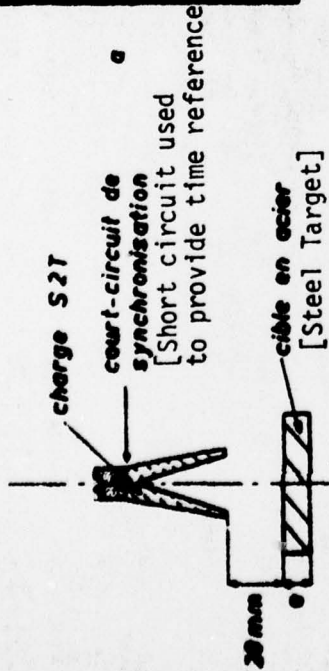


fig. 4: Cinégraphie d'un jet de charge creuse après perforation d'une cible d'épaisseur  $e = 10$  mm (a) et  $e = 30$  mm (b)  
Cinematography of a jet of a shaped charge after perforating at target  $e = 10$  mm thick (a) and  $e = 30$  mm thick (b)

0-1	15,350	$\mu s$
0-2	17,215	-
0-3	18,325	-
0-4	21,360	-
0-5	21,755	-
0-6	22,285	-

0-1	25,790	$\mu s$
0-2	27,555	-
0-3	30,970	-
0-4	34,665	-
0-5	36,500	-
0-6	39,255	-

BEST AVAILABLE COPY



[Time Intervals]

Intervalle de temps

0-1	30,030 $\mu$ s
0-2	36,025 "
0-3	41,125 "
0-4	57,205 "
0-5	67,180 "
0-6	71,180 "

[Cineradiography of the fragmentation of a jet of a shaped charge of S2T]

Fig. 5 : Cineradiographie de la fragmentation d'un jet de charge creuse S2T

BEST AVAILABLE COPY


RAPPORT - BERICHT  
R 113/75

F. JAMET, F. HATTERER, R. CHARON

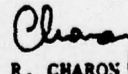
Etude et réalisation d'un équipement de  
cinéradiographie  
*Entwicklung und Erprobung einer Apparatur zur  
Röntgenlicht-Kinematographie*

Saint-Louis, 11.4.1975

Les Auteurs  
Die Verfasser

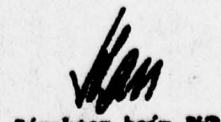
  
F. JAMET

  
F. HATTERER

  
R. CHARON

Les Directeurs  
Die Direktoren

  
Ingénieur Général  
AURIOL

  
Direktor beim BMB  
Dr. SCHALL

Expl. N° 74

Ce document contient  
Deren Arbeit enthält

9 - 7

pages  
Seiten

# BEST AVAILABLE COPY

## Résumé

Bien que la cinéradiographie soit très connue dans son principe, son utilisation est peu fréquente car sa mise en oeuvre nécessite souvent des installations importantes, onéreuses et relativement malaisées à maîtriser correctement.

Les auteurs présentent une installation de radiographie-éclair permettant d'enregistrer six images d'un phénomène rapide, les intervalles de temps entre deux clichés pouvant être choisis très petits. L'équipement comporte six appareils de radiographie-éclair délivrant des impulsions de rayons de 20 ns, l'amplitude de la tension appliquée aux tubes n'excédant pas 300 kV. Les tubes de radiographie-éclair sont reliés aux générateurs d'impulsions haute tension par des câbles coaxiaux. Ceci permet de rapprocher les sources de rayons X et ainsi d'observer le phénomène avec une parallaxe généralement négligeable. L'intervalle de temps séparant le signal de synchronisation d'une impulsion de rayons X, détecté par un tube photomultiplicateur, est mesuré avec une précision de 15 ns.

Quelques exemples d'enregistrements de jets de charges creuses sont montrés.

## Zusammenfassung

Obwohl die Kinematographie mit Röntgenblitzen prinzipiell schon lange bekannt ist, wird sie doch relativ selten angewandt, da sie meist aufwendige und unhandliche Geräte erfordert.

Im vorliegenden Bericht wird eine relativ leichte und leistungsfähige Röntgenblitzapparatur beschrieben, welche die Registrierung von 6 Bildern gestattet, wobei der zeitliche Abstand zwischen 2 Bildern sehr klein gewählt werden kann. Die Apparatur umfasst 6 Röntgenblitzquellen, die bei maximal 300 kV betrieben werden und Röntgenimpulse von je 20 ns Dauer liefern. Die Röntgenrohre sind mit den Impulsgeneratoren durch Koaxialkabel verbunden. Auf diese Weise können die Rohre sehr nahe zusammengebracht werden, wodurch die Parallaxe fast vernachlässigbar klein wird. Die Zeitintervalle zwischen den einzelnen Röntgenblitzen werden mit Hilfe eines Photomultipliers auf 15 ns genau gemessen.

Als Anwendungsbeispiele werden einige Aufnahmen von Hohlchargestrahlen gezeigt.

PRECEDING PAGE  
BLANK NOT FILMED

- 5 -

Table des matières

	<u>Page</u>
I - Introduction	7
II - Description de l'installation	7
III - Enregistrement des clichés	8
IV - Mesure d'intervalles de temps	8
V - Applications	8
VI - Conclusion	9
Bibliographie	9
Figures	I

PRECEDING PAGE

- 7 -

BLANK NOT FILMED

### I - Introduction

Certaines études (fragmentation d'un jet de charge creuse, projection d'éclats, etc.) nécessitent, pour être menées à bien, l'enregistrement de plusieurs clichés successifs du même phénomène.

Les méthodes employées pour obtenir des enregistrements cinéradiographiques sont très diverses et leur exposé sort du cadre de ce Rapport. Rappelons toutefois que si l'intervalle de temps entre deux images doit être très court (inférieur à quelques microsecondes), il est nécessaire d'employer plusieurs sources d'impulsions de rayons X déclenchées successivement pour obtenir une cinéradiographie. La séparation des images s'effectue très simplement grâce à l'emploi d'un diaphragme.

Cette méthode est encombrante et ne permet d'enregistrer qu'un nombre limité de clichés de petit format. Cependant, la fréquence d'image est pratiquement illimitée et une telle installation peut en outre être utilisée pour des enregistrements stéréoradiographiques.

Les études sur les charges creuses menées à l'ISL nous ont conduits à réaliser une telle installation de cinéradiographie.

### II - Description de l'installation

L'installation de cinéradiographie comporte six appareils de radiographie-éclair déclenchés successivement, un diaphragme permettant de séparer les images.

La première figure rappelle la méthode de séparation des images : deux sources de rayons X, éloignées l'une de l'autre d'une distance  $s$ , engendrent des images de largeur  $i$  d'un objet placé dans la fente de largeur  $d$  du diaphragme. Les images sont contiguës si la relation

$$s = d \left( 1 + \frac{b}{a} \right)$$

est vérifiée,  $a$  et  $b$  représentant les distances source - diaphragme et diaphragme - film respectivement.

Le rapport  $b/a$  ne doit excéder 0,1 afin que le flou géométrique reste faible. Il en résulte  $s = 1,1d$ , distance qui sera maintenue aussi petite que possible pour éviter les erreurs de parallaxe.

Pour l'observation des jets de charges creuses, nous avons adopté une largeur de fente du diaphragme  $d = 20$  mm qui se traduit par la nécessité de séparer les sources de rayons X de 220 mm. Cette valeur n'est atteinte que si les tubes de radiographie-éclair sont indépendants de l'enceinte trop encombrante contenant le générateur d'impulsions haute tension; aussi ont-ils été montés dans des enveloppes spéciales reliées par un câble haute tension au générateur de Marx. Les appareils de radiographie-éclair ainsi constitués émettent des impulsions de rayons X d'une durée de 20 ns, l'amplitude maximale de la tension appliquée aux tubes étant de 300 kV. (La conception de ces générateurs d'impulsions haute tension a fait l'objet d'un Rapport antérieur [1].)

Le montage des six tubes est représenté schématiquement sur la figure 2.

### III - Enregistrement des clichés

Les clichés radiographiques sont enregistrés sur des films placés entre écrans renforçateurs fluorescents de haute définition. Le flou résultant est de 0,2 mm sachant que les flous composants sont de 0,15 mm pour le flou géométrique, 0,05 mm pour le flou dû aux écrans et au film et de 0,15 mm pour le flou dû au mouvement.

### IV - Mesure d'intervalles de temps

L'intervalle de temps séparant le signal de synchronisation d'une impulsion de rayons X est mesuré à l'aide d'un multichronomètre (fig. 3).

Le signal de synchronisation délivré par l'objet (en l'occurrence le court circuit de fils placés sur la charge creuse) est envoyé simultanément aux retardateurs et au multichronomètre. Les retardateurs transmettent des impulsions aux amplificateurs [2] qui déclenchent les sources de rayonnement X.

Un photomultiplicateur détecte les rayons X et délivre un train d'impulsions transmises à six canaux du multichronomètre par l'intermédiaire d'un distributeur. La précision de la mesure est de  $\pm 5$  ns.

### V - Applications

L'installation de cinéradiographie a été employée pour l'étude de la fragmentation d'un jet de charge creuse ainsi que pour des mesures de vitesses de têtes de jets résiduels après perforation d'une cible.

Les résultats obtenus feront l'objet de Rapports ultérieurs et les radiographies montrées ici n'ont qu'un but d'illustration de la méthode de mesure.

La figure 4 montre l'éclat du jet d'une charge S2T\* après traversée de cibles en acier de 10 mm et 30 mm d'épaisseur. Les premiers instants de la sortie du jet de la cible permettent de bien étudier la déformation de face de sortie.

La figure 5 montre la fragmentation d'un jet de charge S2T. La vitesse de la tête du jet est de 7200 m/s et la différence de vitesse entre deux fragments successifs est de l'ordre de 200 m/s. L'origine des temps est donné par un court-circuit de synchronisation placé entre le relais et l'explosif de la charge creuse.

#### VI - Conclusion

Une installation de radiographie-éclair comportant six sources de rayonnement X a été mise au point et utilisée en cinéradiographie pour des études relatives à des jets de charges creuses. L'intervalle de temps séparant deux images successives peut être très petit et est mesuré avec une précision de 25 ns.

Cette installation est également bien adaptée à des enregistrements stéréoradiographiques.

#### Bibliographie

- [1] F. MATTERER, F. JAMET, G. THOMER  
Un générateur d'impulsions de 750 kV et son application à la production d'éclairs de rayons X et d'électrons.  
*Ein 750-kV-Impulsgenerator und seine Anwendung zur Erzeugung von Röntgen- und Elektronenblitzen.*  
ISL - 10/72
- [2] F. JAMET  
Réalisation d'un appareil de déclenchement pour générateurs d'impulsions de rayons X.  
*Entwicklung eines Auslösgerätes für Röntgenblitzquellen.*  
ISL - W 30/71
- [3] E. PEREZ  
La physique de la charge creuse : Résultats expérimentaux et considérations théoriques récentes.  
*Physik der Hohlchargen : Experimentelle Ergebnisse und neue theoretische Überlegungen.*  
ISL - 22/74

\* Charge creuse ISL de 36 mm de calibre extérieur comportant un revêtement conique en cuivre d'angle au sommet 40° et 31 g d'explosif (3).