

# Résumés

## Partie A

A—1

### Le "pontage de l'arc" dans les lampes éclair au xénon

HAROLD E. EDGERTON et DAVID CAHLANDER [3]

Quand on exige d'une lampe-éclair qu'elle flamboie à de hautes fréquences, il est nécessaire que le circuit de charge fournisse davantage de courant. Eventuellement, il peut arriver un moment où la lampe-éclair ne désionise plus, mais forme un arc continu; cet incident est connu sous le nom de "pontage de l'arc." Les auteurs indiquent les conditions pour la fréquence limitatrice en fonction des caractéristiques volts-ampères du circuit et des lampes. L'article présente aussi des données expérimentales sur plusieurs lampes-éclair. Une description est donnée des circuits qui forcent une lampe-éclair à fonctionner à haute fréquence même si elle ne désionise pas.

A—2

### La commande des flashes au xénon de grande puissance par commutation magnétique

E. J. G. BEESON [6]

La décharge de l'arc au xénon est très sensible à un champ magnétique, de sorte que l'arc peut être dévié jusqu'à extinction. De cette manière, une lampe peut remplir une double fonction en émettant une radiation lumineuse tout en fonctionnant comme son propre coupe-circuit. Les études ont porté surtout sur un type de 2 kw de lampe au xénon à source compacte caractérisé par des pressions de gaz croissantes et des courants de lampe allant jusqu'à 1000 amp. En utilisant un champ magnétique pour éteindre l'arc et ainsi interrompre le courant de la lampe, on obtient essentiellement des pulsations de lumière à ondes de profil carré dans la zone de 10 à 100 msec. Avec ces courants de lampe élevés l'accumulateur à plomb et acide constitue une source d'énergie satisfaisante, et avec des éclairs lumineux d'un maximum de 50 kw on a également étudié les caractéristiques de l'arc et le débit du rendement lumineux. L'auteur fait aussi des comparaisons avec des types antérieurs de lampes à décharge qui sont d'un intérêt spécial pour la photographie à grande vitesse.

Le système de commutation magnétique de l'arc est déjà utilisé avec succès pour assurer un feu intermittent dans le phare de Dungeness. On obtient des puissances-éclair plus élevées et de durées plus courtes, ce qui permet de faire fonctionner les appareils de prise de vues à des vitesses plus grandes et d'aborder un domaine où les caméras à miroir tournant exigent des intensités de lumière encore plus élevées.

A—3

### Des sources lumineuses de haute intensité à microsecondes fractionnaires

PHILIP NOLAN [11]

On a perfectionné des sources de lumière à haute intensité en vue d'applications dans le réglage optique du tir, les communications et la naviga-

tion. Ces sources produisent une étincelle électrique de surface restreinte qui a un éclat maximum d'environ 50 millions de bougies par cm<sup>2</sup> et une durée de 0,5  $\mu$ sec ou moins.

Ces étincelles peuvent être produites à des fréquences résonnantes ou être déclenchées avec précision au moyen d'électrodes de déclenchement. Il est possible d'obtenir, dans certaines conditions, des fréquences normales de fonctionnement allant jusqu'à plusieurs kilocycles. Les mesures spectrographiques indiquent une température effective de corps noir de l'ordre de 30.000 K. Parmi les travaux de recherches effectués ont figuré des essais avec des atmosphères d'étincelles de compositions et pressions diverses.

A—4

### Une source de lumière de l'ordre des millimicrosecondes

HEINZ FISCHER [13]

Nombre d'auteurs ont récemment fait rapport sur de courtes pulsations lumineuses d'une durée de l'ordre des millimicrosecondes, mais les intensités en étaient extrêmement faibles et à peine suffisantes pour les applications techniques. On a maintenant réalisé en plein air une source lumineuse de l'ordre des millimicrosecondes en utilisant une décharge à inductance minimum de condensateur coaxial et l'on a ainsi obtenu un éclat d'une intensité notablement accrue.

L'inductance minimum se traduit par une absorption maximum d'énergie dans l'intervalle à la longueur de pulsation la plus courte. Sur la base de ce principe, on a construit il y a quelques temps un condensateur toroïdal qui entoure coaxialement l'intervalle et l'on a décrit une simple source lumineuse de l'ordre des submicrosecondes qui applique cette disposition géométrique. (Heinz Fischer, *J. Opt. Soc. Am.* 47: 981 (1957). Entretemps, par une construction soignée et une technique perfectionnée, on a pu réduire l'inductance à une valeur très voisine de son minimum absolu éventuel, à savoir environ un millimicrohenry.

On produit des pulsations lumineuses d'une durée ascendante de 2  $\mu$ sec et d'une mi-largeur de  $\sim 6 \mu$ sec; leur éclat dépasse 10 millions de bougies par cm<sup>2</sup>. On a mesuré des intensités de plus de 20.000 bougies. L'auteur décrit les méthodes de mesure employées. La relation entre l'intensité du courant de l'arc et l'éclat est établie sur une ample gamme de largeurs de pulsation et la forme de la pulsation lumineuse est étudiée en détail. Des mesures spectrales dans une atmosphère d'air confirment que le spectre est continu entre 6000 et 2000 amp pendant la durée du maximum de courant—l'intensité augmentant fortement dans la zone ultraviolette.

Des expositions d'objets à prise de vue unique, une lentille de  $f/1,5$ , une pellicule de Tri-X et un développement normal montrent une densité marginale dans la lumière réfléchie à une distance de 30 cm; dans la lumière diffuse, l'image est satisfaisante. Des sciographies prises au moyen d'une lentille de  $f/8$  avec une distance focale de 50 cm accusent une densité photographique maximum de  $D > 0,8$  contre un arrière-plan de  $\sim 0,35$ ; la densité maximum dépasse l'arrière-plan d'un facteur d'intensité de 16.

## Sources-Eclairs

A—5

### Sources lumineuses à étincelles de courte durée et de luminosité extrême

J. C. MODEN [17]

Le présent mémoire rend compte des recherches qui ont été faites au F.V.R.D.E. sur les caractéristiques lumineuses des décharges d'étincelles. L'auteur passe en revue les détails de construction d'un système de condensateur à inductance extra-faible utilisant une "ligne de transmission à disques." On indique une méthode pour calculer l'inductance approximative de ce genre de système. Trois types d'intervalles de décharge sont décrits et évalués. L'auteur présente les formes d'ondes d'intensité et de luminosité de ces décharges dans l'air. Il examine un mécanisme éventuel de chauffage à chocs pour le canal de décharge. Finalement, il considère une limite de la luminosité maximum réalisable pour une décharge dans l'air à la pression atmosphérique.

A—6

### Des sources de flash de l'ordre des submicrosecondes

HAROLD E. EDGERTON, JOHN TREDWELL et KENNETH W. COOPER, JR. [29]

Les auteurs donnent les détails de construction de deux sources de flash de l'ordre des submicrosecondes pour la photographie par les techniques à lumière réfléchie, sciographie et schlieren. La source destinée à la photographie avec lumière réfléchie utilise une aéro-étincelle "guidée" produite à 18 kv avec 0,05  $\mu$ f pour donner un éclair de  $\frac{1}{3}$  de  $\mu$ sec d'une intensité lumineuse maximum de 5 millions de bougies. On donne une description du tube-éclair de construction spéciale, ainsi que de son système d'alimentation électrique et son circuit de déclenchement. Ce circuit déclencheur peut être commandé par microphone, phototube, contacteur ou un autre signal électrique, et comporte un retard réglable. Des photographies prises avec l'appareil sont représentées.

L'article décrit aussi une petite source d'étincelles capable de produire des flashes d'une durée d'environ 10 millimicrosecondes pour la sciographie et la photographie schlieren. Les valeurs relatives de la luminosité maximum et de la durée du flash sont indiquées en fonction de la pression pour l'air, l'azote, l'oxygène, l'anhydride carbonique, l'hydrogène et l'argon. La résistance de la distance explosive est donnée en fonction de l'écartement pour l'air.

A—7

### Paramètres physiques et techniques de tubes-éclair

I. S. MARSHAK et L. I. SHCHOUKIN [33]

On a effectué des études portant sur des tubes-éclair à colonne de décharge limitée (tubes capillaires) et d'autres à décharge illimitée (lampes à ampoules sphériques) dans un circuit à inductance minimum. Ces études ont compris des cas extrêmes des paramètres de construction et d'alimentation. Les caractéristiques de décharge des tubes capillaires sont analogues à celles des tubes de grand diamètre, bien que les valeurs correspondantes de la résistance spécifique

se produisent à des champs électriques environ 5 ou 10 fois plus élevés.

La résistance spécifique du plasma devient quasi-constante (égalant  $\sim 0,02$  ohm/cm) à  $E \approx 120$  v/cm. Le voltage d'extinction de la décharge est approximativement inversement proportionnel au diamètre intérieur du tube. L'accroissement du rendement lumineux s'arrête à  $E \approx 400$  v/cm (atteignant des valeurs très élevées d'environ 40 lm/w). On a déterminé la relation entre la durée de l'éclair  $\tau$  et les caractéristiques de construction, et entre cette durée et les paramètres d'alimentation, pour une grande variété de conditions. Dans des limites étroites de modifications des paramètres, on peut employer l'expression suivante:

$$\tau = AU_0^{-0.6} (Cl)^{p d^{-q}}$$

Ici  $A$  est le coefficient de proportionnalité,  $U_0$  est le voltage initial au condensateur d'alimentation,  $C$  est la capacité du condensateur,  $l$  et  $d$  sont respectivement la longueur et le diamètre intérieur du tube, et  $p$  et  $q$  sont des exposants approximativement constants, qui changent respectivement de 0,5 à 1 et de 0,5 à 2, pour une ample variation des paramètres. L'influence de l'inductance inhérente du circuit de décharge sur les caractéristiques lumineuses des lampes tubulaires est quasi-insignifiante. Les températures d'emploi des lampes tubulaires en quartz et en verre, qui sont affectées à un service stroboscopique de longue durée (750 C et 250 C respectivement) sont atteintes à des puissances moyennes d'environ 10 et 1,8 w/cm de longueur de tube respectivement. Les tubes fonctionnent pendant quelques secondes (sans refroidissement forcé) à des puissances respectives de 40 et 4 w/cm.

Le facteur de charge,  $(CU^4)_{\max.}$ , qui détermine les limites de charge dans des conditions de fonctionnement à éclair unique, ne dépend pas du diamètre  $d$  pour les tubes en verre dans l'intervalle de 0,5 à 11 mm, et pour les tubes en quartz dans l'intervalle de 0,5 à 2 mm. Le temps nécessaire pour la désionisation de l'espace gazeux dans les tubes capillaires en quartz, qui dissipe environ 2 w/cm, augmente de 80 à 270  $\mu$ sec pour un accroissement du champ électrique initial de 140 à 280 v/cm. Aux puissances élevées, la période de désionisation diminue de 500 à 300  $\mu$ sec. Par suite, les fréquences critiques d'éclair de ces tubes (sans aucun élément supplémentaire de commutation dans le circuit de décharge) sont égales à 12 kc/sec aux faibles wattages et sont d'environ 3 kc/sec aux wattages plus élevés.

Afin d'étudier les rendements extrêmes de décharge des tubes à ampoules sphériques, on a essayé divers types de condensateurs à faible inductance et de constructions de tubes. Parmi ces types figuraient des condensateurs céramiques discoïdes, cylindriques et en forme de marmite, des condensateurs en quartz de forme cylindrique et sphérique, des condensateurs à film de forme cylindrique, ainsi que des amenées de courant, des connexions et des électrodes de type discoïde et coaxial. On a pu ainsi obtenir des renseignements pour les circuits de décharge de la plus faible inductance possible. Les études ont porté en particulier sur les vitesses de détente de la colonne de décharge et sur les caractéristiques de décharge pour divers paramètres d'alimentation. On a établi notamment les données constructives et les paramètres d'alimentation pour les tubes d'une durée d'éclair de 0,1  $\mu$ sec, d'une fréquence d'éclair de 3 kc/sec et d'une puissance de 1 kw.

#### A—8

##### Etude sur la luminosité des canaux de décharge d'étincelles dans divers gaz

M. P. VANYUKOV et A. A. MAK [41]

Les auteurs ont étudié la luminosité du canal de décharge d'étincelles dans divers gaz par une méthode photo-électrique récemment mise au point. Ils ont démontré que pour une densité d'énergie suffisamment élevée dans le canal de décharge, sa luminosité approche une valeur limite qui est fonction du type de gaz de remplissage. Ils ont ainsi déterminé que la valeur de la luminosité limite est de  $11,10^6$  stilb dans le xénon, de  $17,10^6$  stilb dans l'air, de  $22,10^6$  stilb

dans l'argon, de  $32,10^6$  stilb dans l'azote et de  $37,10^6$  stilb dans l'hélium. Un moyen possible d'augmenter la luminosité de la décharge d'étincelles est d'en restreindre le canal par les parois d'un capillaire. On a réussi à obtenir les valeurs de luminosité allant jusqu'à  $50,10^6$  stilb dans les décharges d'étincelles en capillaire.

#### A—9

##### Une source lumineuse à pulsations en capillaire produisant un rayonnement de corps opaque de 40.000 K

N. V. OGURTZOVA et I. V. PODMOSHENSKY [46]

Une source lumineuse à pulsations et à haute température a été réalisée en vue de son emploi en photographie à grande vitesse, en pyrométrie à température élevée, en spectroscopie du plasma, etc. Tout comme une source de type normal, elle maintient avec régularité une luminosité de rayonnement constante, quelles que soient la fréquence d'emploi et la durée de stockage.

La source rayonnante est pourvue d'une décharge électrique du type à pulsations lumineuses de forme rectangulaire dans un capillaire dont les deux extrémités sont ouvertes. Le capillaire est en matière plastique incolore. La source lumineuse rayonne un spectre uniforme et continu dans la gamme de 1900 à 7000 Å à laquelle l'émission et l'absorption de ligne ne contribuent pas plus de 1%. Le pouvoir d'absorption du plasma de décharge dans la zone visible et dans la zone ultraviolette est voisin de l'unité par suite de la haute pression (approx. 500 atm.) engendrée dans le capillaire juste avant le phénomène de décharge. Des mesures photo-électriques ont déterminé que, dans la gamme de 2500 à 6000 Å, le rayonnement de la source de pulsations correspond à celui d'un corps absolument opaque à  $39.000 \pm 2000$  K.

#### A—10

##### Une source lumineuse de haute intensité à pulsations de profil rectangulaire pour la photographie à grande vitesse

T. MARSHALL, B. J. CRAPO et L. L. HILL [48]

Dans de nombreux domaines où l'on utilise les techniques photographiques à grande vitesse, on cherchait depuis longtemps à réaliser des sources lumineuses de plus grande intensité et des systèmes plus efficaces pour l'obturation de la lumière. On a maintenant réussi à construire une source lumineuse auto-obturatrice de très haute intensité. Le principe mis en jeu est l'emploi d'une ligne de transmission artificielle qui est conçue pour correspondre à l'impédance d'un tube de décharge terminal. Une fois déclenchée, la ligne de transmission maintient le voltage qui traverse le tube de décharge à une valeur constante pendant un temps qui dépend de la construction de la ligne et du nombre de sections en "L" de cette ligne. Une fois ce temps écoulé, le voltage qui traverse le tube de décharge tombe brusquement à zéro. Il en résulte une pulsation lumineuse qui a un profil rectangulaire.

Quatre de ces sources ont été construites et fonctionnent avec des résultats très satisfaisants en combinaison avec plusieurs caméras à enregistrement continu. Ces sources produisent des pulsations lumineuses d'une durée de 100  $\mu$ sec à 3 msec. L'écart par rapport à une pulsation idéale de profil rectangulaire est inférieur à 10% pour la ligne de 3 msec, alors que la déviation est de moins de 1% pour la ligne de 100  $\mu$ sec. Ces déviations sont dues à la présence de pertes de résistivité dans la ligne.

#### A—11

##### Utilisation de lampes explosives pour la photographie par le système Schardin

LOUIS DEFFET et RENÉ VANDEN BERGHE [49]

Cette méthode par transparence apporte une solution à l'enregistrement photographique des

phénomènes explosifs présentant un effet destructeur important et une luminosité propre très intense. Elle consiste essentiellement à remplacer les étincelles du système Crazz-Schardin par des lampes éclairs explosives situées dans l'air plutôt que dans l'argon. L'intensité du flux lumineux émis par ces lampes explosives a permis de combiner des conditions de prises de vues entraînant une élimination totale des luminosités parasites du sujet.

La synchronisation des différentes lampes explosives est assurée par du cordeau détonant. La fréquence de prise de vues peut atteindre 1.000.000 images par seconde avec un temps de pose par image de l'ordre de  $10^{-1}$   $\mu$ sec.

#### A—12

##### Une lampe-éclair explosive: Nouvelle réalisation dans une source de lumière explosive

J. GERSHON et R. H. STRESAU [54]

La Fondation de Recherches Armour a mis au point une lampe-éclair explosive destinée à être employée comme source de lumière dans la photographie ultra-rapide. Cette lampe-éclair consiste en un long cylindre en plexiglas d'un diamètre intérieur de 2 pouces et d'un diamètre extérieur de 2½ pouces; la paroi intérieure est revêtue partiellement d'explosif en feuille E L 506A-8 de du Pont et l'intérieur est rempli de gaz argon. La durée d'éclairement est réglée par la longueur du cylindre; la lumière atteint l'intensité requise en 10 microsecondes et n'a pas de traînée effective. L'intensité lumineuse est suffisante pour la photographie en couleur de l'ordre des microsecondes.

La source de lumière a aussi comme avantages (1) d'être facilement maniable (en raison de sa légèreté et de la sécurité de l'explosif en feuille de du Pont), (2) d'être facilement monté à l'avance et rangé et (3) d'être hydrofuge. Vu que la durée d'éclairement peut être modifiée, cette lampe-éclair est une source de lumière particulièrement appropriée pour les applications photographiques où la durée de lumière doit être adaptée à des durées variables des processus étudiés. Cette lampe-éclair a été employée comme source de lumière pour la caméra multi-images Modèle 189 de Beckman & Whitley.

#### A—13

##### Des sources de lumière explosive à haute intensité

ZEV PRESSMAN [56]

On a réalisé une source de lumière explosive capable de produire un éclairement de qualité "lumière du jour" qui est d'une intensité suffisante pour la photographie en couleur par lumière réfléchie employant des caméras ultrarapides. Les "bougies" explosives utilisées antérieurement nécessitaient un explosif beaucoup plus puissant et émettaient une lumière notablement moins brillante qui s'affaiblissait rapidement. On combine des explosifs en feuille à du Mylar aluminisé sous forme de réflecteur-miroir de manière à constituer une bougie pyramidale de haute efficacité qui peut couvrir de 10 à 200  $\mu$ sec suivant le besoin. L'intensité lumineuse est maintenue par une zone explosive divergente pendant que l'onde produite par la détonation parcourt la longueur de la bougie remplie d'argon. Outre l'amélioration en durée et en clarté, ce type plus compact de source lumineuse éclaire plus uniformément et disperse moins de lumière en dehors de la zone de l'objet photographié.

L'auteur rend compte des avantages tirés de l'emploi de diverses concentrations d'argon, ainsi que de dilutions et additions d'air, de krypton et de xénon. Il propose des méthodes par lesquelles on peut obtenir une lumière encore plus intense en substituant le krypton et le xénon ou en ajoutant ces gaz à l'argon. Les intensités relatives des diverses sources de lumière ont été toutes comparées et mesurées par des études photométriques et par étalonnage des films obtenus en photographiant la lumière avec une caméra multi-images à grande vitesse.

## Partie B

## Matériaux photographiques et constituants optiques

## B—1

**Le mesurage des sources de lumière-éclair**

GEORGE H. LUNN [63]

L'auteur décrit un procédé pour mesurer les variations lumière-temps des sources de lumière-éclair. Une caméra à stries (d'après Brixner) est munie d'une clavette à crans de densité neutre au-dessus de la fente, et la source de lumière à enregistrer est disposée de manière à éclairer la fente et la clavette à crans d'une manière uniforme en tous points. On obtient ainsi simultanément plusieurs enregistrements du débit lumineux en fonction du temps, le rapport entre la lumière incidente et chaque enregistrement étant connu. On fait des études au microdensitométrique de ces enregistrements, d'où l'on dérive des graphiques logarithmiques et linéaires. On détermine aussi des courbes H et D de combinaisons émulsions/révélateurs pour des temps d'exposition de l'ordre des submicrosecondes. L'auteur examine les avantages des présentations logarithmiques.

## B—2

**Etude photométrique de lumières brèves associées aux émulsions photographiques**

MICHEL PHILBERT et CLAUDE VERET [66]

Les lampes à décharges brèves sont souvent employées pour photographier des phénomènes à évolution rapide. Or, les caractéristiques photométriques de ces lampes sont aussi mal connues que les réactions des émulsions photographiques aux lumières brèves. On a étudié donc, en fonction du temps, l'effet photographique global du rayonnement émis par l'éclair, indépendamment de toute considération d'ordre spectral.

Un dispositif optique à miroir tournant et au coin photométrique étalonné placé sur une fente, nous a permis d'obtenir des enregistrements photographiques qui ont donné directement la courbe du logarithme de l'intensité de l'éclair en fonction du temps. Les caractéristiques photométriques des différentes sources ont été comparées entre elles par rapport à une source de référence continue d'intensité connue, enregistrée au moyen du même dispositif optique pour obtenir la même durée d'exposition.

## B—3

**Sur les causes des écarts de réciprocité aux très courts temps de pose**

H. SAUVENIER [72]

Une émulsion AgBr à grain fin, préparée à l'aide de gélatine inerte, ne présente pas d'écart de réciprocité aux très courts temps de pose pour autant que la maturation chimique ait été effectuée en l'absence d'ions S-labiles. Dans une émulsion à gros grains (qui a donc subi la maturation physique), il apparaît un écart de réciprocité aux grands éclairissements. Ceci est du au fait que le rapport surface volume de ces émulsions est plus petit que celui des émulsions à grain fin. De sorte qu'une gélatine qui est inerte pour ces dernières ne l'est plus pour une émulsion à gros grains. Si, à une émulsion AgBr à grain fin qui ne présente pas d'écart de réciprocité, on ajoute de l'AgI, il apparaît un écart important aux très courts temps de pose.

## B—4

**Des papiers à enregistrement direct à grande vitesse**

HEMAN D. HUNT [76]

Les émulsions à haloïde d'argent pour l'enregistrement direct des tracés d'oscillographe constituent une réalisation nouvelle dans l'industrie photographique. Ces émulsions forment une image immédiatement visible à des vitesses d'enregistrement allant jusqu'à 10 pouces/s quand on emploie comme source de lumière un arc au mercure à pression super-élevée. Avec cette même source, une image latente se forme à des vitesses d'enregistrement allant au moins jusqu'à 40.000 pouces/s. Ces images latentes peuvent être rendues visibles en une fraction de seconde par des expositions secondaires.

L'exposition qui forme l'image est une radiation très intense de longueurs d'onde absorbées par l'haloïde d'argent ou encore de rayons X, de rayons gamma ou un faisceau d'électrons, alors que l'exposition amplificatrice a sa lumière absorbée par l'haloïde d'argent et est d'intensité modérée. Le bon contraste entre l'image et l'arrière-plan et l'excellente stabilité de cet arrière-plan sont dus à ce que ces émulsions spéciales échappent presque totalement à la loi de réciprocité et sont capables d'être désensibilisées par une lumière de faible intensité. Le contraste proprement dit dépend de la différence d'absorption lumineuse entre l'argent des zones à image et des zones sans image. L'auteur indique les propriétés de ces papiers à enregistrement direct et explique le mécanisme de leur fonctionnement.

## B—5

**Une comparaison de films à grande vitesse ayant de différentes conditions de développement vigoureux**

ZEV PRESSMAN [80]

Une série d'essais d'exposition-développement a été entreprise pour déterminer la combinaison la plus efficace de film à grande vitesse et de méthode de traitement à adopter avec les caméras multi-images et à stries de vitesse ultra-grande aux fins d'études des phénomènes relatifs aux explosifs et aux ondes de choc. Les données tirées de l'expérience variée du personnel technique et les recommandations des fabricants de films ont abouti à la réalisation d'un appareil sensitométrique à flash électronique et exposition brève qui utilise une échelle étalonnée à graduations grises comme image normale.

On a employé divers révélateurs "énergiques" entre autres des solutions concentrées pour papier et rayons X, ainsi que des révélateurs commerciaux usuels pour films. On a traité les films à 70 F pour un temps normal, normal + 50% et double de normal. Les densités ont été mesurées sur le Densichron Welch et l'on a tracé les courbes correspondantes. L'évaluation des films pour ce qui est de l'exposition minimum nécessaire pour élever la densité du film à 0,1 au-dessus du voile, ainsi qu'à 1,0 au-dessus du voile, a été basée sur les critères ASA et DIN. Le Royal-X Pan (Kodak) s'est montré le plus rapide, et ensuite l'Isopan Record (Agfa), bien qu'il ait fallu  $\frac{1}{2}$  cran de plus d'exposition pour obtenir une densité utile égale. Parmi les autres films essayés, le Superior 4 (du Pont) et des films d'emplois spéciaux comme le Shellburst, le Photofluor et l'ID2 ont révélé des caractéristiques pouvant présenter de l'intérêt dans des applications spéciales.

## B—6

**Quelques systèmes optiques de types spéciaux**

RAPHAEL BOOLSKY [87]

Une méthode axiomatique, applicable aux systèmes optiques à large ouverture et grand angle et à d'autres types spéciaux de systèmes optiques, a été mise au point aux fins d'analyse et d'étude constructive. Cette méthode permet de déterminer facilement les propriétés optiques qui seraient compatibles avec un système optique dans sa phase initiale d'étude, sans nécessiter une connaissance détaillée de tous les éléments du système, et est utile dans l'étude synthétique proprement dite qui suit.

Les conditions nécessaires pour représenter avec netteté les éléments de lignes et de surfaces sont définies généralement par les lois de propagation de la lumière et plus précisément par la loi des sinus et la loi des cosinus d'Abbe. La méthode axiomatique a été dérivée de ces lois en les traduisant en constructions géométriques pour le traçage de rayons incidents et réfractés physiquement corrects et représentant ce qu'on a appelé des "modèles iconiques" de systèmes optiques parfaits.

Cette méthode, qui est très différente du procédé abstrait de traçage des rayons de Gauss, a été appliquée à l'étude des caractéristiques et à la réalisation pratique de combinaisons optiques approchant de leurs "modèles iconiques." D'un intérêt particulier parmi ces systèmes sont ceux ayant une surface d'image sphérique employée en combinaison avec des aplatisseurs de champ pour obtenir une image nette dans un plan, ainsi que des combinaisons symétriques qui ont des ouvertures approchant de  $f/0,5$ .

## B—7

**Quelques aspects de la théorie d'exploration à miroirs pour miroirs inclinés et rayons lumineux inclinés**

A. S. DUBOVIK [91]

Dans un certain nombre d'appareils pour la photographie cinématographique à grande vitesse, le système explorateur à miroirs comprend des miroirs inclinés dont les surfaces réfléchissantes ne sont pas parallèles à leurs axes de rotation. On utilise aussi des rayons lumineux inclinés. La réalisation de ces systèmes exige une connaissance du mécanisme de formation de l'image dans les conditions particulières régissant.

Ce mémoire traite des problèmes théoriques que doit résoudre l'ingénieur-dessinateur dans ce domaine. L'auteur détermine les lieux géométriques propres à ces cas d'exploration. Il examine aussi la question de la forme de surface focale à choisir pour obtenir la qualité photographique nécessaire de l'image, ainsi que la précision des dimensions.

On indique, sous une forme générale, les expressions pour la vitesse de déplacement de l'image pour ces systèmes explorateurs à miroirs. L'auteur examine aussi la question des déformations éventuelles de l'enregistrement photographique, ainsi que les méthodes appropriées pour l'évaluation de ces déformations. L'article compare les divers systèmes explorateurs à miroirs des types à miroirs inclinés et rayons lumineux inclinés qui sont actuellement en usage.

## Partie C

C—1

**Le tube Astracon et son application en photographie à grande vitesse**

A. E. ANDERSON, G. W. GOETZE et H.

KANTER [95]

Dans le domaine de la photographie à grande vitesse et à ultra-grande vitesse, les appareils de prise de vues qui utilisent des tubes électroniques mono-étage convertisseurs d'images se sont avérés très utiles. Toutefois, ces appareils photographiques de type électronique avaient en général l'inconvénient d'un faible rapport lumineux, ce qui obligeait à éclairer fortement l'objet à photographier. L'emploi d'un tube intensificateur d'images de type multi-étage, tel que le tube Astracon, remédie à cette difficulté.

On a réalisé un appareil de prise de vues à grande vitesse pour un "rapport lumineux maximum" qui utilise deux tubes Astracon. Il est possible, au moyen de cet appareil, d'enregistrer des processus isolés de photo-électrons sur pellicule photographique. Les auteurs décrivent le fonctionnement général de cet appareil comme application particulière du tube Astracon en photographie à grande et ultra-grande vitesse à des niveaux de lumière extrêmement bas.

C—2

**Des systèmes intensificateurs d'images à rapport très élevé et la photographie de photons isolés avec résolution de temps en microsecondes**

MARTIN L. PERL et LAWRENCE W. JONES [98]

On a utilisé un système composé de tubes intensificateurs d'images en cascade pour enregistrer photographiquement les images très pâles des pistes de particules à haute énergie dans les cristaux scintillants. Ce système, couramment employé dans la physique des particules à haute énergie, est d'une sensibilité suffisante pour enregistrer des photo-électrons isolés de la première cathode du système et est capable d'une résolution de temps de quelques microsecondes. Un emmagasinage de courte durée permet que la vanne électronique soit commandée par le processus en cause, de sorte que sur un total de  $10^6$  phénomènes survenant par seconde, il est possible d'enregistrer juste celui qu'on vise plus particulièrement.

L'article donne une description du système des tubes à images, ainsi qu'un résumé des propriétés intéressantes des tubes à images et lentilles disponibles. Les auteurs examinent aussi les limites dues aux bruits et à la résolution, ainsi que les perfectionnements à prévoir dans les tubes à images.

C—3

**L'intensification électronique de l'image: Un intensificateur d'image utilisant la cathode-conductivité**

R. A. CHIPPENDALE et J. R. FOLKES [104]

De récents travaux effectués sur un intensificateur électronique d'image microscopique ont démontré que des pellicules minces de sélénium amorphe peuvent donner une multiplication de charge d'environ 2000 quand on les bombarde d'électrons à haute énergie. Les auteurs décrivent un tube hermétiquement fermé qui produit une amplification avant exploration dans une pellicule au sélénium du même genre. Dans la fonction "enregistrement," les électrons émanant d'une cathode photo-émissive demi-transparente sont convergés et accélérés de manière à pénétrer dans une pellicule au sélénium auto-porteuse de 10 microns. L'emploi d'une plaque-signal transparente à électrons sur la surface antérieure de la pellicule permet aux charges d'être chassées à l'arrière d'où elles sont enlevées par un faisceau

explorateur à bas voltage qui ramène la surface au potentiel normal de la cathode émettrice. On emploie l'exploration électrostatique en combinaison avec des électrodes inductrices retardatrices pour réaliser l'orthogonalité.

La sensibilité d'ensemble dépend d'une part du rendement photocathodique et d'autre part de la multiplication des charges dans le sélénium qui est à son tour fonction du voltage des électrons d'enregistrement. On peut démontrer théoriquement que l'emploi d'une largeur de bande maintenue dans certaines limites et de conditions optima d'amplification doit permettre de détecter des photoélectrons isolés. Des essais avec des tubes ont démontré qu'une amplification de 500 avant exploration devrait être praticable. Dans ce cas le tube devrait être capable de décélérer 40 photons par point image par image.

C—4

**Développement d'un tube obturateur photo-électronique**

L. MANDEL [110]

On est en train de développer un tube image photo-électronique qui peut s'employer comme obturateur à grande vitesse. Le tube est un intensificateur d'image avec dispositif magnétique de mise au point dans lequel le rayon photo-électronique passe à travers deux mailles en métal montées à quelques centimètres de la photo-cathode. La première maille remplit la fonction d'une grille de contrôle tandis que la deuxième sert comme électrode auxiliaire. Son emploi augmente la sensibilité de contrôle et rend la mise au point des électrons moins dépendante du potentiel de la maille de contrôle. Des tubes obturateurs ont été construits ayant une rangée de voltage de contrôle d'environ 3 v et une résolution de 15-20 lignes-paires/mm. La perte d'électrons à cause des mailles est moins de 20%. Des courbes démontrent la pénétration des électrons sous des conditions variées de coupage.

C—5

**Des systèmes à convertisseur d'images à cadences rapides de répétition de groupes-images**

ROBERT W. KING, JR., et JOHN H. HETT [113]

Trois types différents d'appareils de prise de vues à convertisseur d'images ont été réalisés au cours de ces dernières années; bien qu'ils aient des caractéristiques variées, ils se signalent tous par des cadences d'exposition rapides. Ces trois appareils utilisent tous le tube convertisseur Mullard de type 1201 avec phosphore bleu de courte persistance pour l'enregistrement photographique. Le premier de ces appareils produit une série de six images rectangulaires qui ont un rapport d'allongement d'environ 5:1. Le temps d'exposition de, 0,4  $\mu$ sec et l'intervalle d'exposition de 5  $\mu$ sec sont fixes. Cet appareil prend un groupe de six clichés à la fois avec un temps de rétablissement relativement long.

Le deuxième des appareils a des caractéristiques très poussées. Il donne six expositions sur un même cliché à des cadences qui varient de  $2 \times 10^6$  à  $2 \times 10^4$  expositions par seconde. La cadence d'images va de zéro à 5000, la limite supérieure dépendant des cadences d'exposition. Les temps d'exposition ont les valeurs suivantes: 0,1, 0,3, 1,0, 3,0 et 10,0  $\mu$ sec. Le cycle opératoire des cadences de répétition et des temps d'exposition ne peut pas dépasser 20%. Le décalage de l'image a lieu sur les deux axes, ce qui a pour effet de produire deux rangées de chacune trois groupes.

Le troisième des appareils, qui est le plus récent, est analogue au deuxième; il a des temps d'exposition de 0,1, 0,3, 1,0, 3,0 et 10  $\mu$ sec et des cadences d'exposition correspondantes de  $2 \times 10^6$  et  $2 \times 10^4$  expositions par seconde. La série de génération des pulsations et des pulsations d'ob-

## Obturbateurs Electroniques

turbateur est très similaire; toutefois, le mouvement circulaire est entièrement sur un même axe et partant semblable à celui du premier appareil décrit. La différence réside dans le mécanisme d'engendrement du mouvement circulaire car ici la forme de base de ce mouvement est produite par un circuit compteur avec diode à action de pompage. On a le choix de montures à 4 ou à 8 images.

C—6

**Appareil de prise de vues électrooptique à grande vitesse pour l'étude des processus transitoires**

V. S. KOMELKOV, Y. E. NESTERIKHIN et M. I. PERGAMENT [118]

Ce système convertisseur d'images à déflexion électrostatique a des vitesses allant jusqu'à  $5 \times 10^6$  images/sec et des temps d'exposition d'une brève durée allant jusqu'à  $5 \times 10^{-8}$  sec. Le nombre d'images dans une sous-série peut être de 4 ou 8. Le nombre total d'images dans une série est de 16. Le temps d'exposition pour chaque image peut être varié pendant la série. La variation maximum d'exposition entre la 1ère et la 16ème image est un facteur de 20. Les dimensions de l'image sont de 5 mm  $\times$  5 mm. La résolution est de 30 lignes/mm. L'équipement peut aussi prendre une série de quatre enregistrements à stries à des intervalles réglables. L'article contient une discussion de l'ouverture relative utile du convertisseur, ainsi que des lentilles d'entrée et de sortie, pour diverses applications électriques et optiques.

C—7

**Photographie multi-images à grande vitesse avec convertisseur d'images à trois stades utilisant des circuits à lignes d'emmagasinage non conjuguées**

V. A. SIMONOV et G. P. KUTUKOV [123]

On utilise un tube convertisseur d'images à trois stades pour obtenir des séries de photographies à grande vitesse de phénomènes rapides à faible luminosité. Le convertisseur d'images a un accroissement lumineux de 8000 X. On emploie des câbles coaxiaux non conjugués pour produire les pulsations de déflexion et d'obturateur. Les cadences d'images vont de  $10^6$ /sec. à  $10^8$ /sec. Les temps d'exposition peuvent être d'une valeur aussi grande que les intervalles entre images ou aussi brève que  $5 \times 10^{-9}$  sec. Le nombre d'images dans une même série peut être de 6 à 15.

L'appareil en question a été utilisé pour étudier les décharges électriques dans le vide quand on fait passer des pulsations de courant non destructives dans des fils métalliques de calibre fin. L'auteur présente des exemples des séries de photographies enregistrées.

C—8

**Une comparaison des cellules Kerr et des tubes image comme obturbateurs à grande vitesse**

G. H. LUNN et E. D. MENZIES [127]

C—9

**Un appareil de prise de vues à élément Kerr avec source lumineuse synchronisée pour la photographie à lumière réfléchie de l'ordre des millimicrosecondes**

GEORGE A. THEOPHANIS [129]

Certains processus susceptibles d'être étudiés photographiquement sont associés à un haut degré d'auto-luminosité. Afin d'étudier les phénomènes de surface de ces processus, on a réalisé un appareil de prise de vues à élément Kerr de 50  $\mu$ sec à haute résolution, ainsi qu'une source de lumière synchronisée. On

utilise un élément Kerr à trois polariseurs, dont le rapport de transmission optique est supérieur à  $10^6:1$ , pour éviter toute exposition excessive de la pellicule par suite de la lumière de durée relativement longue provenant de l'auto-luminosité qui s'infiltrerait lors de la fermeture d'un élément à deux polariseurs de type ordinaire. L'élément est excité au moyen d'un générateur de pulsation de ligne de transmission capable de produire une pulsation à ondes de profil carré de 60.000 v.

La source lumineuse consiste en trois tubes-éclair remplis de xénon de type commercial qui sont amorcés au moyen d'un pulsateur thyatron à hydrogène. Un réseau de ligne de transmission est incorporé au pulsateur du tube-éclair afin de produire une pulsation synchronisante de haut voltage quand les tubes-éclair sont allumés. Cette pulsation est appliquée par l'intermédiaire d'une longueur de câble à retard à l'électrode de déclenchement du commutateur de distance explosive qui actionne l'obturateur de l'élément Kerr. La synchronisation est accomplie avec une précision de 5  $\mu\text{sec}$ . L'appareil de prise de vues a été employé pour photographier les premières phases de feuilles métalliques exposées électriquement, ainsi que les chocs aux hypervitesses dans un polygone balistique.

### C—10

#### Une caméra multi-images à cellule Kerr WILLIS C. GOSS [135]

L'auteur décrit le type de construction d'une caméra multi-images de grande vitesse à cellule Kerr. On utilise une seule cellule Kerr, à pulsation unique, en combinaison avec un système de retards optiques pour produire six images consécutives à des temps entre images de  $1,5 \times 10^{-8}$  s et des temps d'exposition de  $5 \times 10^{-9}$  s. La caméra est  $f/10$  au plan de film de 35 mm et les images ont approximativement un contenu de

$240 \times 600$  lignes informatrices. On prévoit que l'énergie de seuil des images à la source sera une température effective de corps noir de  $\sim \frac{1}{2}$  ev pour du film Tri-X. On compte que cette caméra trouvera des applications considérables dans les études de fils explosants, ainsi que dans l'hydrodynamique des explosifs extra-puissants.

### C—11

#### Système à cellules de Kerr multiples à caractéristique d'obturation rectangulaire

LOTHAR LIEBING et FRANK FRÜNGEL [138]

Un nouveau système de commande pour une ou plusieurs cellules de Kerr a été réalisé. Il est composé d'éléments pouvant facilement être connectés entr'eux. Un éclateur de commande, fonctionnant dans l'azote sous pression, et un câble de retard fournissent une impulsion rectangulaire de 35 kv d'une durée de 50  $\mu\text{sec}$ . Cette impulsion traverse sans réflexion un câble flexible de 2,70 m de longueur, une ou plusieurs cellules de Kerr et disparaît dans une résistance terminale ne produisant pas de réflexions. Les avantages du système comprennent l'impulsion à caractéristique rectangulaire et grande mobilité. Des cellules de Kerr multiples permettent la prise de vues simultanées du sujet sous différents angles. Lorsqu'on utilise des câbles de retard entre les cellules de Kerr, celles-ci fonctionnent à des intervalles choisis d'avance et permettent de saisir des phases successives du phénomène.

Par suite de la très faible capacité du câble formant l'impulsion, le système se recharge très rapidement. De ce fait, la fréquence de vues est limitée exclusivement par la qualité de l'éclateur d'extinction. L'impulsion peut également être envoyée à travers de cellules à électrodes multiples, de sorte qu'il est possible de faire usage de

cellules de grandes dimensions. A l'aide de dispositifs retardateurs, il est possible de déclencher plusieurs systèmes à cellules de Kerr à n'importe quelle fréquence d'images désirée. En synchronisant ce système à cellules de Kerr avec des sources d'éclairs à haute fréquence (lampe éclair à haute fréquence Strobokin), on réalise des temps de pose sensiblement plus courts à caractéristique rectangulaire. Pour le travail en ultra-violet, il existe un système à cellules de Kerr similaire, faisant usage de dissociate de phényle.

### C—12

#### La télévision à haute sensibilité comme aide à l'enregistrement photographique à faible niveau lumineux

BERNHARD A. BANG [141]

L'équipement de télévision à circuit fermé et à haute sensibilité peut être employé comme aide à l'enregistrement d'une scène dans les cas où la limitation effective d'exposition est en-dessous des possibilités de la photographie directe. La présentation de contrôle est photographiée par les techniques normales. La vitesse effective de ces systèmes a été rapidement accélérée au cours des trois dernières années.

La sensibilité d'un équipement de télévision à circuit fermé judicieusement conçu dépend principalement du tube capteur et du système optique. Le tube le plus sensible qu'on pouvait obtenir depuis plusieurs années était le tube orthicon à images ou ses variantes. La sensibilité a maintenant été augmentée à un point tel que la variation statistique des photons lumineux reçus est une limitation. L'auteur passe en revue les caractéristiques de ces tubes, leur mode de fonctionnement et leur sensibilité relative.

## Partie D

### D—1

#### Un système à rayons X à flash de cinquante millimicrosecondes pour la radiographie à grande vitesse

F. J. GRUNDHAUSER, W. P. DYKE et S. D. BENNETT [149]

L'émetteur dit de température-et-champ, de réalisation récente, est utile dans les applications qui nécessitent à la fois une forte résolution et une grande vitesse. La cathode a été appliquée à une série de nouveaux tubes à rayons X qui fonctionnent à des intensités et des voltages allant jusqu'à 2000 amp et 600 kw respectivement. Des tubes antérieurs, qui fonctionnent à une longueur de pulsation de 0,2  $\mu\text{sec}$ , permettent d'obtenir des clichés radiographiques avec bonne résolution à travers une épaisseur maximum de 8 pouces d'aluminium en une seule prise.

Les auteurs donnent une extrapolation de ces techniques à une longueur de pulsation de 50  $\mu\text{sec}$ . La résolution et la densité de la pellicule sont suffisantes pour divers mécanismes à hypervitesse. L'article décrit le fonctionnement du tube et du système à rayons X.

### D—2

#### Installation triple de radiographie éclair à 600 KV

J. VIARD et L. BEAUDOUIN [154]

Trois casemates métalliques, disposées à  $120^\circ$ , l'une de l'autre, abritent chacune un générateur de rayons X éclair. L'objet étudié (explosif) occupe le centre de symétrie de l'ensemble. Les générateurs de choc, à huit étages, produisent un choc de 600 kv 300 Joules. La synchronisation est assurée à 0,1  $\mu\text{sec}$  près, les éclairs pouvant être retardés l'un par rapport à l'autre de 0 à 100 microseconde. Un dispositif oscillographique permet de contrôler à posteriori les temps. Les tubes utilisés sont du type à anode conique et à

cathode froide. Ils peuvent fonctionner soit en diode soit en triode. Leur enveloppe, en verre et scellée, est protégée de la vapeur de tungstène par des écrans cylindriques. Le diamètre du foyer dépend du diamètre de la tige anode. On a étudié en détail le fonctionnement de ces tubes en ce que concerne la tension, l'intensité et l'émission X, avec montage diode et montage triode. On a retrouvé l'émission d'un plasma à partir de l'anode déjà signalé par Shukerman. Les courants très élevés observés dans le tube peuvent s'expliquer par la théorie de Flynn, mais en remplaçant les jets cathodiques par ce plasma qui se déplace à grande vitesse.

### D—3

#### Équipement radiographique à flash mégavolt

E. W. WALKER [161]

L'équipement dont il s'agit consiste en un générateur Marx d'inductance exceptionnellement faible en combinaison avec des tubes de la plus basse impédance obtainable. On produit des flashes d'une durée effective de 0,2  $\mu\text{sec}$  et d'une intensité suffisante pour permettre d'étudier une grande variété de systèmes explosifs. L'auteur donne des exemples d'ondes de choc dans les métaux et de la déformation des tôles métalliques par les charges explosives.

### D—4

#### Les applications de la radiographie à flash

J. S. McVEAGH [162]

L'auteur explique le fonctionnement de tubes-éclair à rayons X du type à trois électrodes et vide poussé, en insistant particulièrement sur l'emploi de ces tubes dans le type de circuit dit à bas voltage. On signale que ces tubes peuvent émettre des pulsations de rayons X qui sont très

courtes en comparaison du "temps d'oscillation" du circuit électrique associé.

Une théorie est avancée pour expliquer cette particularité, ainsi que les autres caractéristiques de ces tubes. Cette théorie admet en postulat la production d'un jet de plasma qui est "pompe" de l'arc déclencheur vers l'anode par le moyen de l'effet de pincement électromagnétique. Le temps d'exposition aux rayons X correspond à la durée de passage de ce jet. La théorie soutient aussi qu'il doit y avoir un retard initial après la rupture de l'arc déclencheur avant qu'il n'y ait aucune élévation sensible d'intensité d courant dans le tube. L'auteur présente quelques preuves sur ce point, ainsi qu'un certain nombre de clichés radiographiques illustrant les applications de la technique au flash.

### D—5

#### Cinématographie au flash à rayons X et à grande vitesse de petits objets

F. FRÜNGEL, H. ALBERTI et W. THORWART [170]

Les auteurs décrivent un système au flash à rayons X et à grande vitesse. Ce système comprend un tube à rayons X démontable avec anode à tungstène remplaçable et fenêtre à rayons X Hostaphan remplaçable. Le tube est capable d'émettre des rayons X pour des voltages de pulsation allant de 30 kv à 250 kv. Il est actionné par un transformateur de pulsations dont le primaire est alimenté par des décharges contrôlées de condensateur variant de 1 à 8 joules. Ces pulsations primaires peuvent être produites par un appareil à flash ultra-rapide Strobokin. La distance entre la source de rayons X et le film est généralement inférieure à 200 mm. Les images sont enregistrées sur film dans une caméra à tambour, et la hauteur d'image est fixée par des repères-guides. A la cadence maximum de flash de 10.000 images par seconde

## Radiographie-Eclair

et avec une vitesse de film de 100 m/sec., on peut enregistrer 150 images de 10 mm x 35 mm dans une même série. Les auteurs présentent des exemples d'enregistrements obtenus par ce système au flash à rayons X et à grande vitesse.

## D—6

### Radiocinématographie-éclair à des cadences allant jusqu'à 12.000 images/s

A. STENZEL et G. THOMER [173]

Poursuivant les essais présentés au dernier Congrès (Cologne 1958) les Auteurs ont étudié les conditions nécessaires à l'augmentation de la fréquence des décharges périodiques dans un tube de rayons X-éclairs. L'ancien montage, dans lequel le retour de la tension anodique était déterminé par un circuit R-C ou R-L-C et le déclenchement des éclairs assuré uniquement par des impulsions sur l'électrode d'amorçage, permettait d'atteindre au plus une fréquence de 5.000/s. En vue d'augmenter la cadence il est nécessaire que la tension anodique reste coupée complètement entre deux décharges.

Dans le nouveau montage la séparation périodique de la capacité de décharge et du tube est réalisée par un éclateur d'extinction commandé électroniquement. Ce dispositif permet un choix précis de la fréquence et du nombre total des éclairs. Un diviseur de tension capacitif assure la synchronisation des impulsions de déclenchement sur l'électrode d'amorçage du tube. Avec un appareillage conçu suivant ce principe les Auteurs ont obtenu à 30 kv de tension anodique des séries de 60 éclairs de rayons X à des fréquences allant jusqu'à 12.000/s. La séparation des images est obtenue à l'aide d'une caméra à tambour tournant avec film extérieur tournant à la vitesse maximale de 80 m/s. A titre d'exemple d'application les Auteurs présentent des séquences montrant le transport du matériel dans la soudure à l'arc et la phase primaire du fonctionnement d'un inflammateur électrique.

## D—7

### Etude sur l'application de l'intensificateur d'image dans la radiographie-éclair

G. THOMER et R. SCHALL [176]

L'intensité du rayonnement émis par un seul éclair est, à l'heure actuelle, insuffisante pour certaines applications de la radiographie-éclair (p.e. étude des structures cristallines par diffraction) lorsqu'il s'agit d'enregistrements photographiques directs. Une augmentation notable de l'intensité de l'éclair ne peut guère être éscomp-

tée; l'émission spécifique de l'anode restera toujours limitée par la puissance que peut supporter l'anode et par ailleurs le temps de pose ne devra évidemment pas excéder les valeurs actuelles (0,2-1,0  $\mu$ s). Un accroissement de la sensibilité d'enregistrement pourrait donc ouvrir de nouveaux domaines d'application à la technique de la radiographie-éclair. Une possibilité pour une telle amélioration est donnée par les intensificateurs d'image fonctionnant suivant le principe des transformateurs d'image électroniques. Les Auteurs ont étudié expérimentalement les possibilités d'emploi d'un tel appareil pour la radiographie-éclair.

Il s'avère que la définition subit certaines pertes par rapport à l'enregistrement direct mais ceci est également le cas en régime continu. Les défauts de l'image que viennent s'ajouter sous l'influence des charges spatiales en régime continu sont négligeables pour des débits jusqu'à  $10^6$  r/s. La sensibilité par rapport à l'enregistrement direct est dix fois supérieure à condition d'employer une optique à très grande ouverture et un film très rapide. Le procédé peut présenter des avantages non seulement pour des radiographies isolées mais également pour la radiocinématographie à haute fréquence.

## D—8

### Mesures de la densité gazeuse dans une décharge d'argon par des éclairs de rayons X mous

KARL VOLLRATH [179]

La relation entre le temps de rétablissement électrique et l'accroissement de densité gazeuse après une étincelle primaire a été étudiée expérimentalement dans une décharge d'argon. A cette fin, on a pris des photos séparées au moyen d'éclairs de rayons X mous dans le sens du conduit de décharge à des moments différents après la décharge d'argon. L'absorption des rayons X, et partant la densité du gaz, a été enregistrée par un film derrière les électrodes. La répartition radiale de la densité gazeuse dans le conduit a été obtenue à partir du film par photométrie.

On a pu déterminer par cette méthode la densité du gaz dans le conduit à des temps allant de quelques microsecondes jusqu'à 1,5 ms. Par suite, on a constaté que l'augmentation de densité du gaz était en relation directe avec le rétablissement électrique de l'étincelle.

## D—9

### Détermination de la compressibilité des solides soumis à des chocs de l'ordre de IMbar

R. SCHALL [184]

dix images consécutives à une vitesse allant jusqu'à 100.000 images/seconde, à lumière visible. On espère pouvoir l'employer avec autant de succès pour la prise de vues d'images de rayons X à des vitesses égales.

3ème Partie—Obturbateur magnéto-optique utilisant une optique en fibres

Cet obturbateur offre beaucoup des avantages des obturbateurs magnéto-optiques habituels et évite quelques-uns de leurs inconvénients. L'inductance doit être très petite, et l'on doit être à même de réaliser des temps de pose de l'ordre de la nanoseconde.

4ème Partie—Enregistrement ombrographique d'images multiples par plaque lenticulaire

Un nouvel appareillage a été construit, utilisant le principe de dissection d'image et l'éclairage par étincelle électrique. Une série de douze ombrogrammes consécutifs avec temps de pose inférieur à la microseconde peut être prise, les intervalles entre images pouvant être réglés à volonté de plusieurs secondes jusqu'à 2  $\mu$ sec. La résolution atteint 600 lignes en travers du champ dans le sens vertical et dans le sens horizontal. Un dispositif du même ordre utilisant

Lors de l'impact de projectiles plats extrêmement rapides ou de jets de charges creuses, on obtient dans les solides des pressions plus élevées que par effet direct d'explosifs même très brisants. On dispose de mesures de compressibilité dans la gamme de 1 Mbar pour des métaux, l'eau et des formations géologiques. Actuellement on emploie 3 méthodes expérimentales pour la détermination de la compressibilité dans les chocs: (1) l'impact balistique (URSS); (2) la surface libre (Los Alamos Lab); (3) radiographie-éclair (Saint-Louis).

Il découle des résultats acquis d'après ces méthodes, que la vitesse du choc  $U_s$  est une fonction linéaire  $U_s = U_0 + \lambda U_p$  dans une gamme  $U_p = 1...5$  km/s de la vitesse matérielle  $U_p$  et que  $\lambda \sim 1,6$  ne varie que peu, même pour des matériaux de consistance très différente.  $U_0$  est en général assez différent de la vitesse sonique. Pour les métaux compacts, les valeurs expérimentales de  $U_0$  se regroupent étroitement autour d'une fonction de paramètre  $(Z-10)/\rho$ , Z étant le nombre atomique.

## D—10

### L'application des techniques rapides du type radiographique ou optique dans les études d'impact aux hypervitesses

J. WILLIAM GEHRING, JR. [188]

Le présent mémoire décrit certains des résultats obtenus dans un domaine de recherches qui est depuis longtemps d'un intérêt général; toutefois, ce n'est que depuis l'avènement des missiles et des astronefs qu'on a concentré des efforts pour décrire ce phénomène. Il s'agit de l'étude du comportement des matières de l'objectif sous l'impact produit par un météore ou un projectile lancé à des hypervitesses. De récents progrès réalisés dans les canons à grande vitesse et les dispositifs explosifs ont permis l'accélération des projectiles jusqu'à des vitesses dépassant 15 km/sec. Parallèlement, les techniques radiographiques et optiques ont été perfectionnées à un point qui permet l'observation de ces phénomènes ultra-rapides. Ensemble, ces progrès rendent maintenant possible une étude directe et précise de la formation du cratère aux hypervitesses et, ce qui est plus important encore, permettent de mesurer directement plusieurs paramètres qui étaient inconnus antérieurement.

Le présent mémoire attire l'attention sur l'emploi des plus récents équipements radiographiques et optiques pour étudier la formation du cratère aux hypervitesses et la déformation des matières aux grandes vitesses.

## Procédés Exceptionnels

## Partie E

### E—1

#### Procédés exceptionnels de photographie ultra-rapide

J. S. COURTNEY-PRATT [197]

On considère les procédés de photographie ultra-rapide suivants:

1ère Partie—Photographie ultra-rapide à lentille sectionnée

Une lentille a été divisée en segments, maintenus par des entretoises, l'ensemble étant monté en un bloc compact. Ce dispositif produit un certain nombre d'images réelles de l'objet. Ces différentes images peuvent être sélectionnées et enregistrées successivement au moyen d'un petit disque tournant près du dispositif, disque muni d'une ouverture appropriée. Trois de ces caméras ont été construites et mises à l'épreuve.

2ème Partie—Cinématographie ultra-rapide pour rayons X

On s'est préoccupé ici des techniques de dissection d'images. Une petite caméra de dissection d'image avec optique utilisant petites fibres de verre a été construite. Elle est capable de prendre

une pellicule lenticulée permet la prise de petites photographies avec résolution de 25 lignes/mm. On indique de nombreuses méthodes de déchiffrement de l'enregistrement composite.

5ème Partie—Version améliorée d'un appareil à plaque lenticulaire à disque de nipkow

Cet appareil photographique à dissection d'image par ouverture exploratrice peut prendre environ 300 images par séquence, à des vitesses de 100.000 images/sec et résolution de 550 lignes en travers du champ. Très approprié dans les travaux nécessitant des agrandissements depuis 1:  $\infty$  jusqu'à 1:4.

6ème Partie—Quelques utilisations des masers optiques en photographie

La brillance extraordinaire d'un faisceau maser focalisé constitue une source idéale pour micrographie ultra-rapide et d'important agrandissement, ainsi que pour l'ombrographie et la striescopie. En outre, le monochromatisme du faisceau lumineux rend le maser, en tant que source lumineuse, exceptionnellement utile en interférométrie. On a pris des photographies démontrant quelques-unes des possibilités de ces sources lumineuses de maser.

### 7<sup>ème</sup> Partie—Photographie par tube convertisseur d'image

A. Des nouvelles plaques lenticulaires ont été fabriquées pour utilisation avec les tubes convertisseurs d'image. On obtient avec ces plaques dans certains cas des images dissectionnées plus brillantes qu'il n'était jusqu'à présent possible.

B. Description de fenêtres fabriquées des faisceaux de fibres de verre. Les fenêtres à optique en fibres permettent la transmission d'une grande partie de la lumière émise par un écran fluorescent sur une émulsion photographique. Dans les cas types, dix à cent fois plus de lumière peut atteindre l'émulsion photographique que dans le cas de l'utilisation d'un objectif et de pellicule. Les fenêtres à optique en fibres sont aussi utiles en photographie de rayons X, en microscopes électroniques, en tubes cathodiques, et particulièrement en tubes convertisseurs d'image. Ils permettent de photographier sous des niveaux d'éclairage plus faibles ou sous des temps de pose plus courts. La caractéristique la plus importante consiste probablement dans le fait que le tube convertisseur d'image conjugué avec une fenêtre à optique en fibres peut se comporter comme un renforceur d'image. Des tubes munis de fenêtres à optique en fibres à chaque extrémité peuvent être montés en cascade pour obtenir une valeur de renforcement désirée.

C. Projet d'obturateur à grille. Il semble que ce dispositif devrait permettre la réalisation d'un obturateur électronique simple pouvant fonctionner avec une vitesse de l'ordre de la nanoseconde ou même plus vite, sans perte de lumière excessive.

D. Deux projets d'obturateurs à plan focal utilisant des tubes convertisseurs d'image sont indiqués. Ce sont des analogues, utilisant tubes d'image, des caméras à miroirs rotatifs avec obturateur à plan focal.

E. Projet d'un nouveau renforceur d'image utilisant un tube convertisseur à un seul étage. Au moyen d'optique en fibres, l'image après un seul passage dans le tube est renvoyée sur une partie de la cathode, produisant un second renforcement. Cet procédé peut être répété jusqu'à la réalisation d'aucun renforcement désiré.

### E—2

#### Méthode d'amélioration du contraste dans la reproduction d'images divisées

J. W. McLAUGHLIN [227]

Une méthode a été mise au point pour améliorer le contraste dans la reproduction d'images divisées. Pendant le temps d'exposition, il est fait usage d'un vernier optique pour balayer les éléments étroits de l'image à travers les bandes incidentes d'émulsions. Ce balayage est calculé pour être légèrement inférieur au gradient d'espace entre les éléments de ligne. Ceci obvie à la dilution du contraste par la lumière qui, autrement, passerait à travers les zones relatives larges d'émulsion non exposées.

### E—3

#### Développements nouveaux dans la caméra à grande vitesse Courtney-Pratt

M. B. PRUDENCE [231]

Cette brève contribution décrit des améliorations faites à la caméra Courtney-Pratt et discute les mérites d'un système optique alternatif.

### E—4

#### Propriétés et principes d'application des plaques lenticulaires en photographie à grande vitesse

B. T. IVANOV [234]

Au cours du laps de temps qui s'est écoulé depuis le Quatrième Congrès International de la Photographie à Grande Vitesse, l'Institut All-Union des Recherches Scientifiques en Cinématographie a poursuivi des études complémentaires sur les propriétés optiques des plaques lenticulaires

avec différents paramètres, en vue de leur emploi dans la photographie à grande vitesse, et a essayé de perfectionner la technologie de leur fabrication.

Dans le système habituel, l'objectif photographique donne une image de l'objet à photographier dans le plan de la plaque lenticulaire. Chaque lentille du système reflète le diaphragme ou ouverture de l'objectif photographique dans le plan focal de la plaque lenticulaire et forme une image de l'objet photographié dans ce plan, disséquée en éléments d'image.

On a établi les formules pour la détermination du diamètre de l'élément d'image dans tous les cas de la pratique, en tenant compte des aberrations, des phénomènes de diffraction, de la dispersion de la lumière dans les photo-émulsions, etc.

Quand on déplace la plaque photographique par rapport à la plaque lenticulaire pendant le temps d'exposition, la plaque entière est couverte d'images disséquées des phases successives du phénomène étudié. Des plaques lenticulaires de tracés et paramètres différents sont applicables en photographie à grande vitesse. Les plaques lenticulaires ont trouvé de nombreuses applications dans l'U.R.S.S. Afin d'augmenter la capacité optique (c'est-à-d. le nombre d'images) du système de dissection d'images, le système de lentilles doit être tourné d'un certain angle par rapport au sens de déplacement de la plaque photographique. On a déterminé, pour tous les cas de la pratique, l'angle de rotation de la plaque lenticulaire qui assure la capacité optique maximum, ainsi que la longueur de la trace de l'élément image et la valeur de la capacité optique. L'écart d'inclinaison des lentilles peut être augmenté afin d'accroître le nombre d'images. Toutefois, pour retenir le pouvoir de résolution initial du système complet, les dimensions totales des plaques lenticulaires doivent être accrues en proportion de l'augmentation de l'écart des lentilles.

L'emploi de plaques lenticulaires dans les systèmes de photographie à grande vitesse permet aussi d'obtenir des photographies en couleur par diverses méthodes différentes. Dans certains cas, il est nécessaire d'utiliser la photographie stéréoscopique afin d'avoir une analyse plus détaillée des phénomènes à grande vitesse. Les caméras à dissection d'images et plaques lenticulaires peuvent être facilement arrangés de manière à permettre une telle photographie stéréoscopique. On peut obtenir des paires stéréographiques de chaque phase du phénomène étudié en résolvant l'enregistrement combiné en ses éléments, et on peut les observer stéréoscopiquement par toute méthode courante. Des caméras à plaques lenticulaires pour la photographie des phénomènes à grande vitesse, qui fonctionnent à des cadences allant jusqu'à 100.000.000 images par seconde, sont actuellement en usage dans l'Union Soviétique.

### E—5

#### Systèmes de lentilles hexagonales

S. P. IVANOV et L. V. AKIMAKINA [235]

Une nouvelle méthode pour la confection des plaques lenticulaires, perfectionnée dans l'Union Soviétique en 1948, a été signalée au Quatrième Congrès International de la Photographie à Grande Vitesse qui s'est tenu à Cologne en 1958.

Depuis 1958 les auteurs du présent mémoire, à l'Institut All-Union des Recherches Scientifiques en Cinématographie, ont mis au point une nouvelle méthode utilisant un diaphragme rotatif, ce qui permet de fabriquer des plaques lenticulaires de n'importe quelle distance focale dans des limites très amples.

Les mesures faites sur les spécimens obtenus par la nouvelle méthode montrent que leur pouvoir de résolution est accru en même temps que l'ouverture relative est augmentée.

Par exemple, le pouvoir de résolution R a les valeurs suivantes:

$$R = 130 \text{ lignes/mm pour } \frac{2a}{F} = 1:10;$$

$$R = 350 \text{ lignes/mm pour } \frac{2a}{F} = 1:3,4;$$

$$R = 530 \text{ lignes/mm pour } \frac{2a}{F} = 1:2,3.$$

Ici, 2a est le diamètre de chaque lentille et F en est la distance focale.

La capacité des plaques lenticulaires est donnée par l'équation suivante  $E = t^2 R^2$  et, selon les chiffres indiqués ci-dessus, peut atteindre jusqu'à 7000 ou 9000 images.

Ici, E est la capacité de la plaque lenticulaire. C'est le nombre d'images séparées qui pourraient être enregistrées derrière une plaque lenticulaire sans double impression. Elle est égale au nombre d'éléments d'image qui peuvent être résolus derrière n'importe laquelle des lentilles. t est l'écart d'inclinaison des lentilles. R est le pouvoir de résolution.

A l'heure actuelle, les plaques lenticulaires hexagonales des paramètres suivants sont confectionnées dans l'Union Soviétique:

Paramètres	Ecart d'inclinaison t des lentilles dans un système coordonné hexagonal	
	0,70 mm	0,44 mm
Tolérance de l'inclinaison des lentilles (mm)	0,010	0,005
Diamètre de lentille 2a (μ)	500	350
Ouverture relative 2a/F	jusqu'à f/3	jusqu'à f/3
Distance focale F (mm)	1,5	0,8
Pouvoir de résolution visuel R des lentilles (lignes/mm)	jusqu'à 500	jusqu'à 500
Stabilité focale pour les plaques mesurant de 9 × 12 cm à 60 × 60 cm	de 2% à 5% F	de 2% à 5% F
Epaisseur du verre (mm)	3-5	2-3

L'emploi de plaques lenticulaires comme stéréo-écrans permet d'accroître des dizaines ou des centaines de fois la luminosité des images en comparaison de l'emploi de simples fentes. Leur utilisation en photographie permet aussi au photographe d'employer des objectifs de faible pouvoir éclairant.

Les applications des plaques lenticulaires hexagonales ne se limitent pas à la cinématographie à dissection d'images à grande vitesse. La stéréo-photographie intégrale, la photographie des objets animés, la télévision stéréoscopique en couleur et la polygraphie sont parmi les nombreux autres domaines où les plaques lenticulaires hexagonales peuvent trouver une application avantageuse.

### E—6

#### Caméra universelle à dissection d'images avec accès continu pour la photographie à grande vitesse

S. M. PROVORNOV, O. P. GREBENNIKOV, V. P. GUSEV et S. M. PARTSEV [236]

L'Institut de Leningrad des Ingénieurs Cinématographiques poursuit depuis plusieurs années des études théoriques et expérimentales sur les systèmes à dissection d'images pour la photographie à grande vitesse. Ainsi qu'on l'a signalé au Quatrième Congrès International de la Photographie à Grande Vitesse, l'Institut a réalisé en 1958 une caméra à dissection d'images et à plaques lenticulaires ayant une cadence photographique allant jusqu'à 100 millions d'images par seconde et une résolution optique modérée.

Cette caméra était destinée à photographier les phénomènes auto-lumineux tels que les tubes à flash. La synchronisation était déterminée en

envoyant une impulsion d'amorçage de la caméra à l'objet à photographier. La durée de prise de vue était limitée par le temps d'émission du tube. Certains phénomènes ne peuvent pas être réglés en transmettant une impulsion d'amorçage partant de la caméra (par ex., la photographie de la formation d'un arc quand on coupe un courant électrique à haute tension). La photographie de phénomènes de ce genre nécessite des caméras capables de photographier à n'importe quel moment—des caméras à accès continu.

Un système ultra-rationnel pour caméra à dissection d'images et à accès continu comprend une plaque lenticulaire à rotation uniforme en forme de disque avec les lentilles situées suivant des spirales d'Archimède. Il n'est pas fabriqué actuellement de plaques lenticulaires de ce genre. Les auteurs ont proposé un type de caméra à dissection d'images avec accès continu qui permet d'employer des plaques lenticulaires du type courant avec les lentilles situées suivant des axes parallèles.

En 1959, cet Institut a réalisé la caméra à dissection d'images avec accès continu, type PKC-2 (RKS-2). La suite des images est enregistrée sur l'une ou l'autre de deux plaques photographiques mesurant 130 mm × 180 mm. Devant chacune de ces plaques, il y a une plaque lenticulaire qui est animée d'un mouvement alternatif sous l'action d'une came spéciale. Pendant qu'une des plaques lenticulaires se déplace à une vitesse uniforme devant la plaque photographique correspondante, la deuxième plaque ralentit, s'arrête, puis reprend son mouvement dans le sens opposé.

Le flux lumineux est orienté au moyen d'un obturateur à miroir sur la plaque de dissection qui, au moment donné, se déplace à une vitesse uniforme. La durée de prise de vue des objets auto-lumineux est limitée par un obturateur électromagnétique qui reçoit une impulsion électrique d'amorçage de l'objet à photographier. Dans le cas des objets qui ne sont pas auto-lumineux, le temps d'exposition est limité par la durée de luminosité du tube éclairant. Le fonctionnement de l'obturateur ou du tube d'impulsion est synchronisé avec l'objet à photographier au moyen du régulateur de la caméra.

Les caractéristiques techniques de la caméra de type PKC-2 (RKS-2) sont les suivantes:

(a) On peut faire varier la cadence d'images de 1000 à 100.000 sec<sup>-1</sup> en réglant la vitesse du mécanisme du mouvement des plaques de dissection.

(b) Les plaques de dissection ont un système de lentilles hexagonales. L'écart d'inclinaison des lentilles est de 0,7 mm. Ces plaques sont confectionnées par l'Institut All-Union des Recherches Scientifiques en Cinématographie, Moscou.

(c) La capacité optique de la caméra est d'au moins 250 photographies.

(d) L'enregistrement est résolu en ses éléments sur la caméra elle-même.

(e) La caméra est munie d'un tachymètre électrique qui sert à mesurer la cadence d'images.

### E—7

#### Tirage des photographies sous-exposées par les "contrasteurs optiques"

MICHEL CLOUPEAU

[240]

Les contrasteurs optiques sont des appareils plus spécialement destinés à permettre l'observation ou le tirage de films ou de plaques photographiques très sous-exposées. Le principe de ces agrandisseurs photographiques spéciaux consiste à faire passer plusieurs fois la lumière à travers le film de sorte que le contraste se trouve à peu près multiplié par le nombre de passages effectués. Dans le contrasteur type A, le film placé entre deux lames semi-réfléchissantes formant entre elles un angle très petit est éclairé en lumière parallèle. La lumière émergente est composée de faisceaux qui ont respectivement traversé le film une, trois, cinq fois et plus. Leurs directions sont légèrement différentes ce qui permet de sélectionner l'un quelconque de ces faisceaux. Dans le contrasteur type B, on reforme l'image du film sur lui-même au moyen d'un système objectif-miroir. Divers essais de tirages démontrent l'efficacité de ces dispositifs qui permettent donc d'envisager l'amélioration systématique des performances des appareils de prises de vues, ou l'utilisation des négatifs accidentellement sous-exposés.

### E—8

#### Un obturateur ultra rapide à jalouse

J. KÜHN

### E—9

#### Emploi de la lumière ultraviolette en photographie à grande vitesse pour éliminer le masquage par la lumière visible dans les processus auto-éclairants

R. WAYNE ANDERSON

[246]

Dans la plupart des processus auto-éclairants à grande vitesse, tels que la soudure à l'arc, les études Plasmatron et la combustion des combustibles solides, l'intensité de l'éclairage masque une grande partie des détails importants qui se présentent au cours du processus. Afin d'éliminer cette surexposition gênante, on a

perfectionné une méthode qui permet d'intercepter la lumière par filtrage dans le spectre visible et d'obtenir plus rapidement des photographies utilisant seulement la lumière quasi-ultraviolette produite dans les processus de ce genre. Dans les cas où une lumière ultraviolette insuffisante est produite dans le processus considéré, il existe d'autres méthodes permettant de produire une lumière ultraviolette suffisante pour obtenir des expositions plus rapides. Ces techniques ont été également utilisées pour pénétrer les barrières de flammes et pour produire un contraste suffisant entre les matières incandescentes dans les fours à haute température.

### E—10

#### L'emploi de la photographie à grande vitesse et des revêtements photo-élastiques pour la détermination des tensions dynamiques

C. A. COLE, JR., JOHN F. QUINLAN et FELIX ZANDMAN [250]

La photographie à grande vitesse et la photo-élasticité ont été employées sur une grande échelle pour déterminer les tensions dynamiques dans les modèles en matière plastique transparente soumis à des chocs, des vibrations, etc. La mise au point récente d'une technique à revêtement photo-élastique a ouvert de nouveaux horizons pour l'étude des phénomènes à tensions dynamiques dans les pièces de construction opaques. On revêt la pièce d'une pellicule plastique photo-élastique et on la charge statiquement ou dynamiquement. Les tensions se transmettent de la surface de la pièce au revêtement plastique. Le dessin d'interférence obtenu quand on éclaire la matière plastique avec une lumière polarisée est interprété par les méthodes photo-élastiques classiques. Ce dessin est enregistré par une caméra dont la cadence photographique est choisie en fonction de la vitesse du phénomène des tensions dynamiques.

Le présent mémoire décrit la photographie par lumière réfléchie, en couleur ou en blanc et noir, obtenue avec une caméra à cadence de 48.000 à 1.200.000 images/s qui utilise des bombes-flash à l'argon ou un flash électronique. Les auteurs donnent une grande part à la photographie des matières ayant reçu un revêtement plastique photo-élastique. Ils étudient la répartition des tensions dynamiques dues à la propagation des ondes. Ils examinent l'effet de l'épaisseur du plastique et du décalage de temps dû à la différence de module d'élasticité et de densité de la matière plastique par rapport à ceux de la matière sous-jacente. Une tentative est faite pour tirer des données quantitatives des dessins photo-élastiques observés.

## Partie F

## Etudes Stéréoscopiques, Spectrographiques et Micrographiques

### F—1

#### Une technique de caméra multi-images stéréoscopique à grande vitesse pour l'étude de l'affaissement des fourreaux à charge profilée

BRADLEY O. REESE

[265]

Pour cette étude, la caméra multi-images Beckman & Whitley Modèle 189 s'emploie à une cadence d'images de 600.000/s. Un système de miroirs stéréoscopiques extérieurs place des paires d'images stéréo sur le plan du film. Le fourreau à charge profilée est garni de plaques et marqué avec des bagues-repères. L'appareil déclenche par l'entremise d'un miroir à 45° dans la matière de la cible, ce qui permet des observations de performance simultanées. Vu que la vitesse effective de l'obturateur est de 0,25 μs et que l'ouverture effective est de f/14,5, on a besoin de la lumière intense d'une bombe à

explosif-argon. Les matières photographiques sont comprimées à la limite maximum afin d'obtenir des expositions satisfaisantes. Un maximum de netteté et un minimum d'arrière-plan sont nécessaires pour pouvoir effectuer des mesures précises à partir d'agrandissements des images obtenues.

Les séries de photos se prêtent bien à l'étude au moyen d'une stéréo-visionneuse pour l'observation des effets détaillés. Les mesures précises pour les profils de vitesse s'effectuent sur des tracés graphiques en coupe reconstruits sur un appareil de traçage géométrique. Cet appareil projette les images du film sur un écran de traçage; en plaçant des fils en croix aux points correspondants, on situe un point dans l'espace avec un écart normal de 0,08 mm. La vitesse d'affaissement du fourreau obtenue est alors utilisée pour analyser le jet formé par la charge profilée.

### F—2

#### Photographie stéréoscopique à grande vitesse

V. V. GARNOV et A. S. DUBOVIK [269]

L'application d'un périscope stéréo-visionneur à une caméra multi-images à miroir tournant de type CQP (SFR) permet l'enregistrement d'une série de stéréo-paires à image entière à des vitesses allant jusqu'à 1.250.000 paires par seconde. En raison de l'enregistrement simultané des stéréo-paires, il est possible d'obtenir des rapports espace-temps quantitatifs précis en trois dimensions à l'aide d'un stéréomètre. La projection stéréo-ciné est également possible. Des études ont été faites sur les phases initiales de la détonation des explosifs.

F—3

### Le principe et l'application d'un spectrographe séparateur de temps à grande vitesse

DONALD BAKER MOORE et JOHN K.

CROSBY [273]

Les auteurs décrivent le principe et la construction d'un spectrographe séparateur de temps caractérisé par une résolution de temps de 0,02  $\mu$ s et une résolution de longueur d'onde de 3 Å. Cet instrument a été réalisé par la Beckman & Whitley Corp. pour les Laboratoires Poulter de l'Institut de Recherches Stanford en vue de son emploi dans l'étude des phénomènes relatifs aux explosifs puissants. L'article explique comment l'instrument a été étalonné en employant une lampe à filament de tungstène de type standard.

Cet étalonnage a comporté une étude de l'effet d'intermittence à des temps d'exposition de l'ordre de 0,02  $\mu$ s. Il est donné des exemples de l'application de l'instrument à la mesure des températures élevées produites par les explosifs puissants. Parmi ces exemples figurent des mesures de température des fronts de détonation dans les explosifs et des ondes de choc provoquées explosivement dans l'air et l'argon. L'article traite aussi d'études de "processus de détonation Mach" produits par des fronts de détonation convergents du type usuel, par des fils de pont explosants et par des décharges d'étincelle ou d'arc à haute énergie.

F—4

### Des instruments spectroscopiques à grande vitesse

FRANCIS D. HARRINGTON [277]

La Branche de Radiométrie I de la Division Optique du Laboratoire des Recherches Navales des Etats-Unis se livre, depuis un certain nombre d'années, à des recherches sur les phénomènes à processus rapide. La plupart de ces travaux ont été effectués en exécution d'un projet institué et patroné par le Laboratoire Scientifique Los Alamos de l'Université de Californie. La phase spectroscopique de ces travaux a nécessité la création de nombreux spectrographes dynamiques de grande vitesse et de type spécial caractérisés par une grande variété de résolutions de temps, de résolutions de longueur d'onde et de gammes de longueurs d'onde. On distingue trois types généraux de spectrographes à résolution de temps: (1) à film cinématographique, (2) à tambour tournant et (3) à miroir tournant.

Deux instruments du type à film cinématographique ont été perfectionnés, à savoir d'une part le spectrographe à prisme et à grande vitesse Ciné de  $f/6,6$  qui produit 4000 images spectrales à faible dispersion par seconde pour la zone ultraviolette et les régions visibles, et d'autre part le spectrographe à réseau NIGS de  $f/2,8$  qui est une modification du modèle Ciné conçue pour enregistrer des spectrogrammes à stries et à faible dispersion dans la région visible. La résolution maximum de temps de ce dernier instrument est de 1,0  $\mu$ s. Le spectrographe ultraviolet à grande

vitesse MK55 est un instrument à dispersion moyenne du type à tambour tournant qui a une résolution de temps de 0,1  $\mu$ s. Il a été conçu et réalisé pour NRE par l'Université de Rochester. Le spectrographe à stries et prisme No. 102 de  $f/6,6$ , ainsi que le spectrographe à réseau N9GS de  $f/7,5$  sont des instruments du type à miroir tournant. Le modèle 102 est un instrument à faible dispersion pour la zone ultraviolette et les régions visibles, alors que le type N9GS est un spectrographe à haute dispersion pour la région visible. L'un et l'autre de ces spectrographes ont une résolution maximum de temps de 0,01  $\mu$ s.

F—5

### Etudes photographiques à grande vitesse des fils et pellicules métalliques exposés électriquement

L. ZERNOW, G. WOFFINDEN et F. WRIGHT, JR. [283]

Les travaux les plus récents effectués en cinémicroscopie des fils métalliques exposés électriquement ont eu pour objet d'étudier l'effet des impuretés contenues dans le fil sur le comportement observé lors de l'explosion du fil. On a démontré que le phénomène de la formation de bulles, qui occasionne la formation de striations transversales, est modifié profondément par la présence d'une faible quantité d'oxyde de thorium dans le fil de tungstène. Cet effet est illustré par des observations cinémicroscopiques animées qui ont été obtenues au moyen de la caméra multi-images à grande vitesse avec amplification de 25 fois.

On peut suivre le comportement d'une décharge électrique à travers une mince pellicule métallique d'une part à l'aide du contrôle électrique et d'autre part au moyen de l'observation photographique avec une caméra à cadence d'images élevée. On a observé deux genres de phénomènes optiques. Le premier de ces phénomènes se produit rapidement, coïncidant avec une pulsation initiale de courant en relation étroite avec le processus de conduction à travers la pellicule. Le deuxième, qui est un phénomène de surface, engendre une seconde pulsation de courant lorsque le voltage entre les électrodes dépasse une certaine valeur critique. Ces phénomènes sont illustrés par des observations typiques. Les auteurs suggèrent par des interprétations.

F—6

### La photographie cinématographique à grande vitesse des changements de phases microscopiques

J. E. BENJAMIN et J. W. WESTWATER [290]

On s'est adressé à la photographie à grande vitesse pour étudier la croissance des bulles micro-

scopiques pendant l'ébullition nucléaire. L'appareil réalisé incorpore des techniques spéciales qui visent à assurer un éclairage suffisant pour photographier à grande vitesse avec forte amplification, tout en réduisant au minimum les vibrations de l'équipement. On a obtenu des films cinématographiques utilisables à des cadences de 6000 images/s avec un agrandissement de 66 fois de l'image sur le négatif de 16mm.

On a utilisé une caméra Wollensak Fastax WF-15 avec commandes Goose et générateur de signaux de 1000 cycles. La caméra a pris les vues par l'entremise d'un microscope métallographique monté horizontalement et a visé à travers une fenêtre à verre mince ménagée dans la cellule d'essai. On a fait varier l'amplification sur le film de 3 à 66 fois en modifiant les oculaires et les objectifs et en réglant la distance entre le microscope et la caméra. L'éclairage à l'arc a été obtenu au moyen de charbons à noyau en terres rares de 10 mm fonctionnant à 30 amp. Tout l'équipement était monté sur des rails de chemin de fer coulés dans le béton. L'appareil est un puissant instrument pour étudier les phénomènes rapides qui présentent un intérêt au point de vue microscopique. Il est employé actuellement pour les études de la condensation en gouttes, de la croissance des bulles pendant l'électrolyse, du développement de bulles provenant de gaz dissous dans les liquides, de la fusion des solides et de la congélation des liquides.

F—7

### L'enregistrement photographique à grande vitesse de données doubles avec haute amplification

B. H. AMSTEAD [293]

Le présent article décrit une technique selon laquelle deux ou plusieurs types physiquement contrastants de données peuvent être enregistrés simultanément et en concordance sur une bande unique de film à des vitesses de caméra supérieures à 4000 images/sec. L'image physique du sujet photographié est enregistrée sur film de la manière couramment employée dans les techniques cinématographiques à grande vitesse, mais en plus de cette image, une deuxième caractéristique physique du système peut être enregistrée sous forme d'un point lumineux mobile sur le film. Ce point lumineux se déplace suivant les instructions qu'il reçoit d'un signal électronique amplifié émanant d'un cristal piézo-électrique à indicateur de réaction ou d'un appareil détecteur similaire à réaction élevée. Par le moyen de cette technique, on peut enregistrer au moins deux types de données distinctes à des vitesses de plus de 3000/sec pendant un court intervalle de temps.

## Partie G

G—1

### Une caméra à stries $f/1$ pour les études d'étincelles dans les zones tant ultra-violettes que visible

J. DYSON, R. F. HEMMINGS et R. T. WATERS [297]

On a réalisé une caméra à stries et à miroir tournant qui est caractérisée par une vitesse d'enregistrement de 0,015 pouce/ $\mu$ sec, une ouverture de  $f/1$  et un système optique à réflexion de type sphérique (sauf une fenêtre en quartz

fondue). Cette caméra, qui est utile tant dans la zone ultra-violettes que dans la région lumineuse visible, est munie d'un miroir tournant qui est actionné par un moteur électrique de 1500 t/s. On a mis au point une technique pour mouler le film de manière à le conformer à la surface focale sphérique nécessaire.

Cette caméra est utilisée pour étudier le régime d'engendrement des pannes électriques et la structure des entrefers de 2-m par les décharges à haute tension, en particulier les phénomènes à faible luminosité et à très grande vitesse qui précèdent la phase d'arc brillant

## Caméras à Stries

finale. Cette dernière phase d'arc doit être supprimée afin d'éviter la production d'un voile prononcé sur l'enregistrement photographique. L'auteur décrit des techniques appropriées pour superposer les points de repère sur l'image afin de définir l'axe des temps, l'axe de l'entrefers, la position de l'étincelle dans l'espace et la vitesse d'enregistrement. Les photographies mettent en évidence l'apparition de la couronne filamenteuse la croissance de la décharge lumineuse à des vitesses supérieures à 10<sup>8</sup> cm/sec et la progression intermittente par gradins de l'amorce de l'étincelle.

## G—2

**Une réalisation de caméra à stries par le National Research Council**

E. H. DUDGEON [303]

Deux caméras à stries ont été réalisées par le Conseil National de Recherches en vue de leur utilisation dans diverses études de phénomènes gazeux à grande vitesse. La construction de ces deux caméras se signale par sa grande simplicité, sans qu'on n'ait rien sacrifié en rendement ou en commodité de fonctionnement. Les deux appareils peuvent être fabriqués sans devoir employer de machines-outils spéciales de grande précision ou d'équipement d'essai délicat. Pour photographier les phénomènes très rapides, on a perfectionné une caméra à miroir tournant. Ce miroir tournant est monté sur des aéro-paliers hydrostatiques et est actionné par une turbine à air du type à débit radial afin d'éviter toute contamination du film ou du miroir par un brouillard d'huile.

Le chargement et le déchargement du film peuvent être effectués à la lumière normale et l'on peut faire fonctionner la caméra dans n'importe quelle position. La vitesse maximum d'enregistrement du film est de 5 mm/μs. Le système d'objectif actuel comporte une ouverture effective de  $f/14$ . Un détecteur électronique de vitesse avec organe de commande a été incorporé à l'appareil afin de déclencher le cycle opératoire dès que le miroir est dans la position appropriée pour la prise de vues. Pour les emplois ou des vitesses d'enregistrement de film plus faibles suffisent, ou pour les cas d'impossibilité de synchronisation avec le processus, on a aussi réalisé une caméra de faible encombrement à tambour tournant et aéro-paliers.

## G—3

**La caméra à fente  $f/10$  améliorée: un modèle versatile pour la recherche sur les explosions**

BERLYN BRIXNER [309]

La caméra à fente  $f/10$  que nous avons décrite dans un autre article, a été équipée avec une succession d'accessoires raffinés qui permettent de l'adapter à une grande diversité de problèmes de recherche sur les explosions. Pour que la caméra soit employable avec un assortiment de lentilles, elle a été outillée avec les accessoires réglables suivants: des montures de caméra et de lentille, des lentilles démontables, une commande à distance de la mise au point, une monture de la fente, une monture de la lentille du champ, et un viseur. Les accessoires qui aident à obtenir l'ajustement relatif exact entre l'objet et l'image finale sont un projecteur pour illuminer la fente, une monture de précision pour la lentille qui

corrige l'astigmatisme, et un appareil à examiner l'image de la fente balayante. Et pour protéger le personnel en cas d'une explosion du miroir pendant que la caméra travaille, on a installé une armature protectrice.

## G—4

**Un miroir tournant de grande vitesse à résolution dynamique élevée**

WILLARD E. BUCK [318]

Un nouveau type de miroir tournant actionné par turbine a permis d'en accroître la résolution dynamique. Ce résultat a été obtenu en éliminant la turbulence d'air autour du miroir tournant en le faisant fonctionner dans une caméra où l'on a fait le vide et en utilisant un miroir en béryllium caractérisé par une distorsion dynamique extrêmement faible. Parmi les autres avantages de cette caméra du type à vide, il faut encore citer les suivants: (1) la lumière qui émane de l'ultra-violet dans le vide peut être utilisée pour accroître le flux lumineux total; (2) le miroir peut tourner à sa vitesse maximum avec une commande pneumatique sans nécessiter d'hélium; et (3) l'équipement d'alimentation d'air est de faible encombrement, ce qui permet d'avoir un ensemble mi-portatif.

Pour plus de commodité dans le fonctionnement, le nouveau système comprend aussi une pompe à huile incorporée qui pressurise et fait circuler l'huile pour les paliers et pour le joint d'étanchéité à vide, un capteur magnétique à débit ajustable de phase permettant le réglage précis des processus contrôlés, et un joint à vide entre la turbine et le miroir afin de pouvoir faire le vide dans la caméra. L'auteur présente un dessin en coupe montrant les détails de construction et indique une série complète des caractéristiques de fonctionnement.

## G—5

**La caméra Modèle 200 à balayage et à système optique réfléchissant**

THURE ANDERSON [319]

Une nouvelle caméra à prise de vues par balayage utilise les principes d'optique de réflexion pour réaliser certaines caractéristiques déterminées: (1) une grande vitesse d'enregistrement (30 à 60 mm/μs); (2) un indice- $f$  choisi pour produire des densités d'image généralement acceptées sur les caméras à balayage en existence, à savoir  $f/8$ ; (3) une résolution compatible avec le film généralement employé, à savoir 70 lignes/mm; (4) l'absence d'aberration chromatique; et (5) un faible encombrement allié à la robustesse. L'auteur décrit deux types de base de cet appareil: l'un est une caméra de base permettant une mise au point à l'infini ou au quasi-infini et ayant trois

éléments réfléchissants, à savoir un objectif à miroir parabolique désaxé, un miroir plan en "diagonale" et un miroir tournant, alors que l'autre est une caméra de base à objectif extérieur indépendant out télescope, pour toute distance, qui utilise un miroir sphérique désaxé avec diagonale corrigée cylindriquement et miroir tournant.

Il est employé un miroir tournant à trois côtés de rapport longueur/diamètre élevé, ce qui permet une vitesse propre maximum de 32.000 t/s. Les miroirs fixes ont le même rapport d'allongement que l'élément tournant (environ 6:1). Le corps de la caméra est inexplosible et se prête au fonctionnement au vide. On emploie un film de 16mm. Le porte-film s'écarte d'un vrai cercle pour assurer une longueur constante de la course optique totale. La caméra est à "enregistrement" continu, chaque face "enregistreur" à 240° avec chevauchement pour assurer la continuité avec la face suivante et ainsi rendre inutile la synchronisation avec le processus enregistré.

## G—6

**Techniques de caméra maculeuse**

T. P. LIDDARD, JR., et B. E. DRIMMER

[322]

Des techniques diverses ont été perfectionnées qui augmentent notablement l'utilité de la caméra maculeuse à balayage pour la recherche de la détonation et des chocs. Quand l'auto-luminescence est insuffisante, on emploie plusieurs procédés pour renforcer la lumière, par ex. du ruban adhésif sur les surfaces explosives, des intervalles d'air ou d'argon, etc. Quand cela est nécessaire, une lumière extérieure est fournie par des fils explosants, des lampes-éclair explosives, etc. Le changement abrupt dans l'intensité de la lumière réfléchie par la surface des matières opaques de haute réflectivité est utilisé pour enregistrer l'arrivée des chocs à la surface. Quand le pouvoir réfléchissant de la surface d'épreuve est faible, un revêtement mince de film plastique aluminisé signale clairement les temps d'arrivée des chocs. On observe de très faibles perturbations par les techniques schlieren, qu'on emploie la lumière transmise ou la lumière réfléchie. On peut utiliser des fentes multiples ou des systèmes à grille de configurations diverses pour augmenter la quantité des observations enregistrées. On peut aussi employer des "tubes lumineux" de filaments optiquement clairs pour transmettre des signaux lumineux de points qui sont inaccessibles à l'observation directe à des positions d'alignement à l'intérieur d'une même fente, ou encore à d'autres configurations appropriées. Les auteurs décrivent d'autres techniques, telles que la scio-graphie, la spectroscopie "fonction du temps" et l'emploi de film en couleur.

## Partie H

## H—1

**L'application de la caméra à étincelles multiples pour l'étude de processus nécessitant une grande quantité d'informations**

H. SCHARDIN [329]

Le principe de la caméra à étincelles multiples consiste — comme chacun sait — à obtenir une séparation d'images purement optique au moyen d'intervalles à étincelles lumineuses, ce qui élimine tout mouvement mécanique. Ce système a certains inconvénients, à savoir: la parallaxe qui se présente dans le cas d'objets trop étalés en profondeur, la nécessité de dispositifs supplémentaires pour les processus auto-lumineux, et le

nombre total d'images qui est limité avec le mode de fonctionnement du type usuel.

Le présent article décrit un nouveau système qui élimine le dernier des inconvénients cités ci-dessus. Cette installation se compose de 5 séries de chacune 10 intervalles d'étincelles. Le film employé sur les tambours respectifs a 25 cm de large et 1 mètre de long de sorte que, à une vitesse de film de 100 m/sec. et une hauteur d'image de 2 cm, on peut prendre un total maximum de 2.500 images d'un processus donné ou 5.000 à une hauteur d'image de 1 cm. La fréquence d'images peut être portée à 250.000 par seconde à une hauteur de 2 cm et à 500.000 par seconde à une hauteur de 1 cm. Il en résulte une quantité extrêmement élevée d'informations.

## H—2

**Les obturateurs focaux et la construction des caméras à haute cadence d'images**

SIGMUND J. JACOBS [335]

L'auteur explique, avec de nombreux exemples, les principes de fonctionnement d'une nouvelle série de caméras multi-images à miroir tournant qui utilisent des obturateurs focaux. Le principe de base est une extension de l'idée d'isotransfert de l'image et du film, qu'on ne trouve actuellement que dans les caméras cinématographiques. On utilise un miroir tournant en combinaison avec plusieurs prismes, miroirs plans ou miroirs concaves pour produire une série d'images reliées qui défilent devant une fente fixe de la caméra à

## Caméras Multi-Images

une vitesse constante. Les segments d'image mobile vus par la fente sont ensuite transmis à une pellicule fixe au moyen d'une caméra maculeuse qui utilise le même miroir tournant. Le système optique de la caméra maculeuse est disposé de manière à arrêter le mouvement de chaque image sur la pellicule. Il s'ensuit qu'une série d'images fixes qui ont été "explorées" par un obturateur focal d'une manière connue se forme sur la pellicule. L'emploi de l'obturateur focal offre la possibilité d'un réglage très précis du temps.

Les caractéristiques des obturateurs focaux ont à la fois des avantages et des désavantages par rapport aux obturateurs du type entre lentille. Un avantage est qu'on peut employer des fentes multiples. Si les images provenant de plusieurs fentes également espacées sont transmises à des zones indépendantes de pellicule, il est possible d'augmenter le nombre d'images et la cadence effective d'images d'une caméra sans accélérer le miroir tournant et sans sacrifier l'indice-f. L'auteur décrit d'autres emplois possibles de l'enregistrement à fentes multiples.

H—3

### Une caméra multi-images à miroir tournant avec obturateurs focaux multiples

S. J. JACOBS, J. D. McLANAHAN et P. F. DONOVAN [341]

Dans l'article précédent de Jacobs on a décrit une nouvelle série de caméras multi-images à miroir tournant. L'article ci-dessous décrit une des caméras de cette série qui utilise plusieurs miroirs concaves en combinaison avec un miroir tournant unique pour créer une série reliée d'images qui passent devant plusieurs fentes faisant fonction d'obturateurs focaux. Les images vues par les fentes sont transmises de manière à former des rangées séparées d'images dans un système multiple de caméra maculeuse. En combinant 30 miroirs concaves avec 6 fentes correctement phasées, on peut enregistrer un total de 180 images en approximativement  $\frac{1}{10}$ ème de tour du miroir tournant.

La caméra actuellement en construction au Laboratoire d'Artillerie Navale des Etats-Unis utilisera deux faces réfléchissantes, mesurant 6 pouces sur 2, d'un miroir tournant de forme rectangulaire. A la vitesse prévue de 600 t/s pour l'élément tournant, on atteindra approximativement  $10^6$  images/s. Chaque image mesurera environ 0,8 pouce de haut et 1,0 pouce de large. Il sera possible de faire varier le rapport du temps d'obturation au temps de prise de vue approximativement de 0,5 à 0,05 en changeant la largeur des fentes utilisées dans la caméra. L'ouverture effective restera fixe à environ  $f/20$ .

H—4

### Un nouveau type de caméra multi-images à combinaison de miroir tournant et de tambour de film

TSUNEYOSHI UYEMURA [346]

Le présent mémoire décrit trois nouvelles caméras multi-images chacune desquelles combine un miroir tournant à quatre faces de vitesse ultrarapide à un tambour rotatif de film de faible vitesse. Caractéristiques typiques d'une caméra sont: un système d'enregistrement continu, une cadence de 120,000 images/s, 200 expositions par série, un temps d'exposition minimum de 1  $\mu$ s, une commande à moteur du miroir tournant de 90,000 t/m, une commande à moteur de 900 t/m du tambour rotatif de film d'un diamètre de 60 cm, une ouverture effective de  $f/9$ , et des images de 5 mm  $\times$  20 mm. Une deuxième caméra semblable peut opérer à une vitesse deux fois plus grande. Le temps d'exposition peut être maintenu à la valeur minimum et 200 expositions par série sont possibles en faisant fonctionner l'appareil à une faible cadence d'images.

H—5

### Caméra multi-images à grande vitesse VKF-ÚVOJM

JAN HAMPL [350]

Une caméra multi-images, à grande vitesse et à double tambour, capable de photographeur des machines électriques ou mécaniques aux fins d'analyse quantitative, produit 1304 images, chacune de 5mm  $\times$  8mm, sur une longueur de 1850 mm de film non-perforé de 35mm. Cette caméra peut enregistrer à une cadence de 8000 à 42.000 images par seconde, avec une ouverture relative de  $f/7$  et une résolution de 80 lignes/mm. La synchronisation du mouvement des images avec celui du film est obtenue en faisant tourner un tambour intérieur portant des lentilles d'objectif secondaires à la vitesse appropriée pour faire déplacer l'image à la même vitesse que le film sur le tambour extérieur.

H—6

### Une caméra multi-images à grande vitesse montée sur trépied

RICHARD J. KRUMHANSL [355]

On a réalisé une caméra multi-images à miroir tournant de type portatif qui pèse 35 lb. Cette caméra utilise des chargeurs de film de 35mm normal. Chaque charge de 5 pieds est bonne pour 5 expositions et pour 12 images informatrices par exposition. Tout le chargement et l'avance du film se font au grand jour. L'appareil est caractérisé par un temps entre images de 1  $\mu$ s et ses crans d'ouverture variable s'échelonnent de  $f/10$  à  $f/64$ . Incorporé au corps de la caméra est un "portillon" synchronisateur optique "à l'épreuve des fausses manoeuvres." L'échelle focale va de 5 pieds jusqu'à l'infini avec une résolution typique de 30 lignes informatrices en temps pour 60 lignes informatrices en espace par mm sur film Panatomic X.

Le système électronique synchronisateur est réparti entre la caméra et un châssis portatif à distance. A l'intérieur du boîtier de la caméra est un préamplificateur synchronisateur transistorisé. Le système électronique à distance comprend un appareil alimenteur de courant, un châssis de commande de la caméra, des circuits à pulsation de haut voltage et de retard de pulsation, des circuits synchronisateurs de caméra, ainsi que des contrôleurs de la pression d'entraînement de l'élément tournant, de la fréquence et de la pression de réglage. Tout ce système se prête au fonctionnement manuel, à programme ou à distance. Les châssis sont montés dans un support à saillies de type standard qui mesure 24 pouces de large et 36 pouces de haut.

H—7

### La caméra CORE: Réceptivité continue — Un seul élément tournant

J. N. WHYTE [359]

L'auteur examine les avantages d'une caméra à stries ayant une réceptivité continue et n'utilisant qu'un seul élément tournant. L'élément essentiel d'une telle caméra est une combinaison prisme-miroir qui est animée d'un mouvement de rotation rapide. Divers arrangements de cette combinaison sont possibles et ont été étudiés dans le but de compenser les effets d'aberration et de "dédoublément." L'auteur explique aussi la théorie de la formation de l'image par ladite combinaison et décrit en outre des variantes de ce système.

H—8

### Applications de la caméra multi-images à miroir tournant de type C5

K. R. Coleman et A. Skinner [362]

Il a été présenté à la réunion de Cologne cinq mémoires séparés décrivant divers aspects des travaux de photographie à haute sensibilité qui

ont été effectués à l'Etablissement des Recherches en Armes Atomiques Anglaises. Le présent mémoire décrit trois applications de la caméra de type C5 à des vitesses allant jusqu'à  $7 \times 10^6$  images par seconde pour l'étude de phénomènes tels que les décharges à mode  $\Theta$  et les effets d'explosions à éclairage extérieur.

H—9

### Un appareil de prise de vues intermittent à grande vitesse

ROBERT L. RODGERS [365]

Une application nouvelle d'un principe ancien permet maintenant à une caméra intermittente de précision à enregistrement sténopé d'enregistrer à une cadence de 9600 images/s pendant 2 min. Les temps d'exposition courts normalement associés aux cadences rapides d'images peuvent être obtenus avec la caméra intermittente à des cadences d'images plus faibles, ce qui procure de nombreux avantages d'un haut intérêt. L'auteur décrit les objectifs actuels de type intermittent, signale les accroissements de rendement correspondants et indique les possibilités offertes par ces systèmes. Leurs applications diverses aux problèmes de la technique sont examinées. Au Congrès elles ont été illustrées au moyen de sections de films cinématographiques.

H—10

### Considérations constructives pour les caméras à prisme rotatif

JOHN H. WADDELL [367]

Le fonctionnement des premières caméras à prisme rotatif laissait beaucoup à désirer. Il y avait des imperfections (1) dans le choix d'un prisme ayant un angle d'incidence optimum; (2) dans le choix du verre pour le prisme (qui tendait à produire des réflexions internes); (3) dans la construction d'un pignon denté (qui ne se prêtait pas à recevoir le film commercial du type courant); (4) dans le choix des moteurs (qui étaient d'une puissance insuffisante ou d'un trop grand poids pour donner une accélération maximum); (5) dans la construction des obturateurs et des ouvertures (qui causaient le striage de l'image); et (6) dans la construction mécanique d'ensemble (qui restreignait les caméras à des applications limitées).

Très peu d'auteurs ont traité de la question des paramètres de construction des caméras à prisme rotatif. Les caractéristiques qui avaient été incorporées aux premières caméras, lorsque le temps manquait et qu'on ne disposait pas d'éléments constitutifs meilleurs, ont parfois été copiées par des dessinateurs-constructeurs qui ne savaient pas pourquoi les paramètres en question avaient été employés au premier abord. Le fait est que la construction générale de certaines caméras à prisme rotatif n'a pas été modifiée depuis 20 ou 25 ans.

Le présent mémoire traite des caractéristiques constructives des modèles anciens et des types plus récents, plus particulièrement en ce qui concerne les prismes, les systèmes optiques autres que des prismes, les obturateurs, les pignons dentés, les nécessités mécaniques et l'équipement électrique.

Des progrès décisifs ont été réalisés dans la réalisation de moteurs, de roulements, d'éléments optiques et d'autres organes essentiels de type perfectionné depuis l'apparition de la première caméra à prisme rotatif en 1932. Par suite de la réalisation de ces vastes progrès, il est maintenant possible d'obtenir des photographies de bien meilleure qualité avec les modèles récents de caméras à prisme rotatif.

Si l'on observe avec soin tous les points signalés par l'auteur, on peut maintenant réaliser et construire des caméras à prisme rotatif capables de donner des images nettes et claires. Les images projetées sur l'écran seront d'une qualité égale ou supérieure à celle des caméras à enregistrement sténopé.

## Partie I

I—1

**Un système moderne d'ombrographie à réflexion destiné aux polygones aérobballistiques à grande vitesse**

PAUL H. CORDS, JR., PAUL A. THURSTON et WILLIAM R. NOYES [369]

Un nouveau type de système d'ombrographie de précision a été perfectionné en vue de son emploi dans le polygone hyperballistique de 1.000 pieds (305 m) du Laboratoire d'Essais de Matériel Naval. La principale caractéristique du nouveau système est son rendement très élevé dans l'emploi de la lumière émise par une source lumineuse à étincelles pour obtenir une exposition photographique. Ceci constitue un avantage important dans les systèmes éclairants utilisés dans la photographie de phénomènes à grande vitesse, en particulier parce que le nouveau système permet d'obtenir des images latentes satisfaisantes sur la substance photographique avec l'emploi de sources lumineuses qui sont relativement beaucoup plus faibles que celles dont on aurait autrement besoin. Cet avantage est particulièrement précieux dans le présent système, étant donné que le réglage du temps de l'ombrographe dépend entièrement de la durée de la source lumineuse à étincelles, et étant donné que le temps d'exposition désiré, qui est de l'ordre de  $10^{-7}$  seconde, s'obtient d'autant plus facilement que l'émission lumineuse nécessaire est plus faible.

L'élément constitutif auquel le nouveau système doit son haut rendement est un réflecteur sphérique en aluminium poli d'un diamètre de 48" (1,22 m) et d'un rayon sphérique de 94" (2,39 m), qui est monté par rapport à l'étincelle et à l'objectif de l'appareil photographique de manière à former une image de l'étincelle à l'intérieur de l'ouverture de l'objectif. L'appareil est mis au point de manière à converger sur la surface du réflecteur, formant ainsi une image nette de l'ombre projetée par tout phénomène ballistique qui est situé entre l'étincelle et le réflecteur au moment où l'étincelle jaillit.

Le présent mémoire décrit le système complet tel qu'il a été perfectionné pour satisfaire à certaines exigences de construction, ainsi qu'un certain nombre d'autres choix possibles d'éléments constitutifs qui ont été étudiés au cours de ces travaux de recherches.

I—2

**Une nouvelle technique pour mesurer la vitesse des objets en parcours rapide**

DONALD A. HALL et W. W. ATKINS [372]

Une nouvelle technique pour la mesure des vitesses des particules, projectiles, modèles ou autres masses sur trajectoire contrôlée a été mise au point en vue de son emploi au laboratoire dans l'étude des phénomènes balistiques. Un des principaux avantages de ce système réside dans le fait que la vitesse d'objets isolés dans toute l'étendue d'un ample spectre de vitesse peut être mesurée pour toute position donnée de lancement de l'accélérateur.

Le système utilise une caméra à stries Fastax de type normal comme porte-film. Des champs lumineux collimatés sont disposés le long de la trajectoire que le projectile ou la particule doit suivre. Une fente verticale et étroite, près de la trajectoire et perpendiculaire à celle-ci, fait fonction d'obturateur à submicrosecondes quand le produit de la multiplication de la désamplification de l'image par la vitesse de déplacement du film égale ou approche la vitesse de l'objet. Une série de miroirs fait tourner l'image de fente de  $90^\circ$ , ce qui permet au champ lumineux de

produire une exposition en forme de ruban sur toute la longueur du film. Un projectile, à son entrée dans le champ lumineux, crée une ombre instantanée à la fente et est enregistré sous cette forme sur le film. Ceci se répète à deux ou plusieurs emplacements judicieusement espacés le long de la trajectoire. Vu que les images de projectile et les jalons à base de temps sont produits simultanément, il suffit simplement de mesurer le déplacement de l'image et de déterminer la vitesse de déplacement du film pour pouvoir calculer la vitesse de l'objet.

I—3

**L'application de la caméra à "ouverture-fente" aux fins d'observation et d'obtention de renseignements pour l'étude des projectiles**

STANLEY M. KEEN [375]

La caméra à "ouverture-fente" a été initialement construite en apportant deux modifications à une caméra à grande vitesse Fastax de type normal. La première de ces modifications a consisté à enlever le prisme tournant qui servait d'obturateur et la deuxième à intercaler un masque ayant une ouverture ou fente étroite à l'avant du plan du film. Cette fente a été orientée de telle manière que son côté long soit dirigé transversalement par rapport à la largeur du film et que son côté court soit parallèle au sens de déplacement du film.

On a utilisé cette caméra pour obtenir: (1) des photographies qualitatives de grand format des projectiles à grande vitesse; (2) la hauteur angulaire des projectiles en cours de vol; (3) des données de vitesse pour des projectiles ayant une longueur minimum de 2 pieds en employant un seul appareil de prise de vues, (4) la vitesse de pivotement ou rotation autour de l'axe longitudinal d'un projectile; (5) la décélération de la base d'un projectile pendant "l'écrasement" de la fuse après l'impact contre un objectif rigide; et (6) l'accélération d'un projectile au cours de la phase initiale du tir.

I—4

**La photographie sous-marine à grande vitesse**

JOHN V. PFLAUM [379]

Des expériences entreprises par le Laboratoire Electronique de la Marine Américaine ont nécessité la photographie cinématographique à grande vitesse d'appareils producteurs de sons de type pneumatique ou à étincelles depuis des profondeurs sous-marines de 100 à 300 pieds. Des vitesses de film de 1500 à 3000 images/s ont été nécessaires pour observer et évaluer le fonctionnement de l'équipement. Deux caméras à grande vitesse et sources lumineuses ont été enfermées dans des coffres sous-marins de type spécial conçus pour soutenir des pressions équivalentes à une profondeur d'eau de 700 pieds.

L'emploi de scaphandriers SCUBA pour le dépannage de l'équipement n'était pas possible à cause des grandes profondeurs opératoires; on a donc dû monter tant les appareils soumis aux essais que l'équipement photographique sur une monture demi-portative étudiée pour être descendue dans l'eau après avoir été alignée correctement à la surface. Il a fallu aussi résoudre les problèmes spéciaux posés par la longueur des câbles, les chutes de voltage, la synchronisation de la caméra et du processus à photographier, et le traitement des films sur les lieux. On a obtenu des renseignements utilisables tant sur Tri-X Panchromatic Eastman que sur Super Anscochrome.

## Applications Balistiques

I—5

**Etude des réactions chimiques des gaz à leur sortie de la bouche des armes à feu au moyen de la photographie à grande vitesse**

KARTAR SINGH [383]

L'intensité de réactions d'une durée d'environ 100 ms en divers points d'un jet gazeux est fonction de la température et de la concentration d'oxygène qui règnent dans ces zones. La photographie à grande vitesse est un moyen de grande efficacité pour étudier ces réactions chimiques. Le présent article décrit les investigations qui ont été faites sur le flash émanant d'agents propulseurs W et NH à des cadences de caméra de 1500 et de 3000 images/s.

I—6

**Les observations à microsecondes de la réaction dynamique des explosifs aux régimes de charge très élevés**

H. S. NAPADENSKY, J. SAVITT et R. H.

STRESAU [385]

On a mis au point un essai de sensibilité d'explosifs qui consiste à comprimer des spécimens d'explosif d'un poids de l'ordre d'une livre entre une plaque actionnée par explosif et une enclume massive. En employant la caméra multi-images Beckman & Whitley Modèle 189, il est possible d'observer le déplacement de la plaque d'enclume, la propagation du choc non réactif dans le spécimen d'explosif, la déformation de l'explosif sous l'effet de la compression, et dans certains cas le début et la propagation d'une réaction explosive. On peut facilement calculer, à l'examen des photographies obtenues, les conditions qui règnent au sein de l'explosif, notamment la pression, les changements de densité et les vitesses des particules.

I—7

**Une technique photographique pour l'observation du comportement des matières poreuses sous compression rapide**

H. S. NAPADENSKY, J. SAVITT et R. H.

STRESAU [388]

Une technique expérimentale a été mise au point à la Fondation de Recherches Armour en vue de déterminer, au moyen de l'observation photographique, la réaction dynamique des matières poreuses aux régimes de chargement très élevés. Selon cette technique d'expérimentation, une plaque métallique est propulsée au moyen de la détonation contrôlée d'une couche mince d'un explosif puissant à faible densité de manière à comprimer uniformément un spécimen de la matière à essayer.

On utilise une caméra à stries pour enregistrer le mouvement de la plaque métallique et des lignes d'un treillis à repères qui est peint au pochoir sur le spécimen. Par un examen des enregistrements photographiques obtenus, on peut observer directement le déplacement de la plaque, la déformation du spécimen et la propagation des ondes au sein du spécimen. Il est alors facile de calculer d'après ces données la grandeur et l'atténuation des impulsions de pression qui se propagent dans le spécimen, le coefficient de restitution et les rapports entre efforts et tensions pour divers régimes de déformation. On a étudié au moyen de cette technique les propriétés physiques de divers agents poreux.

## Partie J

## Applications-Industrie et Biologie

J—1

**La microphotographie des suspensions diluées de fibres en déplacement rapide**

E. L. SCOTT [393]

La réalisation et la disponibilité commerciale des lampes à courte durée et haute intensité, telles que la Strobolume, et l'emploi de l'obturateur Rapatronique magnéto-optique à action ultra-rapide (temps d'exposition effectif de 0,5  $\mu$ s) ont permis la mise au point d'une technique pour la photographie à "arrêt de mouvement" de suspensions aqueuses mobiles de fibres de cellulose se déplaçant à une vitesse de 25 à 30 pieds/s. Afin d'obtenir un champ uniformément éclairé, cette technique utilise un objectif de champ Fresnel entre la source de lumière et la suspension et un objectif auxiliaire entre l'obturateur Rapatronique et la suspension pour réaliser l'amplification désirée de 1,5:1 sur un négatif de 4  $\times$  5. Le film "Kodak Royal Pan" s'est montré très approprié pour ce genre de travail, car il a donné des négatifs de haute qualité par les procédés habituels de photographie.

J—2

**L'emploi de la photographie à grande vitesse dans la réalisation d'une nouvelle forme de broyeur**

R. JACKSON et D. V. SIMPSON [398]

Les méthodes habituelles d'investigation du fonctionnement d'un nouveau broyeur avaient donné des résultats présentant des anomalies difficilement explicables. La prise de photographies à grande vitesse de la marche des particules dans le broyeur a révélé directement un grand nombre des causes de ces anomalies. Un nouveau type de broyeur a été réalisé sur la base de ces observations et l'on a utilisé la photographie à grande vitesse pour en étudier le fonctionnement. La technique de photographie à grande vitesse mise en oeuvre est la méthode directe avec une caméra Fastax prenant des vues à des vitesses allant jusqu'à 1000 images/s; les principaux problèmes qu'on a résolus étaient l'inaccessibilité du sujet à photographier et la nécessité d'une lumière suffisante, car la matière à broyer était du charbon.

J—3

**Recherches et théories fondamentales dans les machines de mise en conserves**

C. C. COLLIER et J. J. LARISH [401]

L'industrie des conserves alimentaires est devenue une grosse industrie caractérisée par une grande vitesse de production nécessitant un outillage perfectionné. Afin d'accélérer les recherches et développements de base, la Food Machinery and Chemical Corp. a fait un emploi considérable de la cinématographie à grande vitesse. Une étude des emplisseuses à vanne de déplacement a été suivie d'une investigation sur les vannes employées pour la mise en conserve des jus, ce qui a abouti à la réalisation de vannes perfectionnées à débit plus rapide. D'autres études ont été faites sur des machines telles que les décortiqueuses et les coupeuses de maïs. Ces études ont abouti à une connaissance plus approfondie du matériel et de son fonctionnement, ainsi qu'à un certain nombre de théories nouvelles sur la marche de ces machines.

J—4

**Une variété d'applications marines de la photographie à grande vitesse**

DANIEL H. LAMB [403]

Les divers produits de l'Outboard Marine Corp. font tous l'objet d'investigations au Centre de Recherches. Les études faites par ce groupe portent sur l'atténuation des bruits, l'analyse et la

maîtrise des vibrations, l'étude de la combustion, l'étude de l'allumage, l'analyse structurale, etc. Dans chacune de ces investigations de nature variée, la photographie à grande vitesse a joué un rôle essentiel. Un problème important qui met en jeu tant le bruit que les vibrations est du à la flexibilité du vilebrequin et du carter des moteurs hors bord. La photographie à grande vitesse a permis d'analyser la fréquence, le mode et l'amplitude des mouvements engendrés.

On a utilisé avec des résultats très satisfaisants la caméra à grande vitesse pour analyser l'effet détériorateur qui se produit quand un moteur hors bord heurte un objet dans l'eau. Ces travaux ont été associés à la réalisation des amortisseurs de chocs de type hydraulique sur les hors-bord de grande puissance. La caméra à grande vitesse a aussi servi, pour les tondeuses de gazon et les scies à dents articulées, à analyser l'action coupante des lames respectives. D'autres problèmes concernant ces deux instruments ont été étudiés par ce même moyen.

J—5

**Cinématographie ultra-rapide des phénomènes d'agitation et de mélange (Film)**

WERNER KRAUS [408]

J—6

**Technique pour la mesure de la vitesse des globules sanguins dans des chambres transparentes chez les animaux**

P. A. G. MONRO [408]

Si l'on examine le courant sanguin dans une petite artériole sous un microscope avec une source lumineuse à flash dont on réduit la fréquence graduellement jusqu'à une valeur donnée, les images des globules n'accusent aucun sens général de mouvement. Cette valeur, appelée taux de flash, est critique pour tout vaisseau sanguin déterminé et est apparentée à la vitesse effective des globules. Si l'on réduit le taux de flash encore davantage, le sens *apparent* du mouvement est inversé.

Si l'on expose un film cinématographique à une cadence d'images graduellement croissante (ou décroissante) (10-100 par seconde) qui passe par cette valeur critique dite taux de flash et qu'on le projette à une vitesse constante, cette inversion apparente du sens général du courant sanguin est encore en évidence. On peut calculer la vraie vitesse des globules sanguins d'après le grossissement et la mesure du mouvement des globules rouges sur une série d'images exposées à une cadence connue. Une expérience a montré que les changements relatifs de la vitesse sanguine dans divers vaisseaux dans le même champ microscopique fournissent des renseignements plus exacts sur ce qui se passe dans le membrane vasculaire.

Selon cette technique, un tube cathodique à flash produit des pulsations lumineuses (de l'ordre d'une milliseconde) et est amorcé photo-électriquement par l'obturateur rotatif de la caméra. Des repères de temps à 100 par seconde sont portés sur le bord du film.

J—7

**Les problèmes, les techniques et les instruments de photographie dans les études sur la locomotion des animaux marins**

IRVING REHMAN [408]

Il ressort de rapports publiés de recherches et d'observations sur la locomotion des animaux marins que de nombreux mammifères et poissons de mer sont capables d'atteindre de grandes

vitesse avec de très faibles dépenses d'énergie pendant de longues périodes de temps sans qu'on puisse observer de résistance à l'avancement. Etant donné que l'énergie nécessaire pour atteindre ces vitesses dépasse considérablement les disponibilités d'énergie permises par les systèmes musculaires et vasculaires des animaux marins, on a jugé nécessaire de recueillir des données et mesures précises, dans des conditions soigneusement contrôlées, de l'énergie qu'il faut pour accélérer jusqu'à la vitesse maximum, pour maintenir cette vitesse maximum, pour glisser et pour ralentir, afin de déterminer objectivement si ces prouesses extraordinaires sont vraiment accomplies.

Aux fins de ce programme de recherches, on a entraîné un marsouin à effectuer un certain nombre de manoeuvres sur commandement. Des études hydrodynamiques, physiologiques et acoustiques de ce phénomène ont été entreprises par NOTS, ainsi que par plusieurs centres associés. On a employé la photographie à grande vitesse (en surface et sous l'eau), la photographie schlieren sous-marine, celle à lumière réfléchie et à étincelles, ainsi que la photographie stroboscopique à grande puissance et la cinématographie stroboscopique synchronisée. On a eu recours aussi à d'autres techniques utilisant des bulles, des colorants ou des sphères de densité neutre, afin de rendre visibles les zones de déplacement et le contrôle des nappes limitrophes. On a obtenu simultanément des données de chronométrage extrêmement précises.

On a mis en lumière par des études de la structure anatomique du marsouin, de la baleine et de certains poissons à nage rapide, certaines particularités de ces animaux qui ont nécessité des études physiologiques de leur circulation vasculaire dans le but de déterminer l'influence de cette dernière sur le contrôle des nappes limitrophes. On a également recueilli des données acoustiques au cours de ces essais hydrodynamiques et physiologiques. Il a été présenté un film cinématographique montrant les installations utilisées pour les essais, l'équipement mis en oeuvre (photographique et de chronométrage, etc.) et une partie des résultats obtenus.

J—8

**La photographie à grande vitesse dans les recherches médicales**

E. S. GURDJIAN, H. R. LISSNER et L. M. THOMAS [409]

(1) Le film cinématographique présente d'abord une visualisation d'un colorant (la diatraste) injectée dans la carotide, telle qu'on l'observe à la surface du cerveau dans les artères et les veines piales. A la cadence de 16 images par seconde, les changements se produisent trop rapidement pour obtenir une intégration satisfaisante. A la cadence de 128 images par seconde, la même expérience donne à l'observateur la possibilité d'examiner à loisir les changements en cours.

(2) Les vaisseaux piaux du cerveau du singe sont représentés avec un grossissement de 12 fois. On observe certains agrégats de plaquettes et de caillots. On voit aussi la désagrégation d'un caillot de plaquettes.

(3) Une section sagittale simulée de la tête, y compris la région du foramen magnum, construite en plastique et remplie de poudre jaune, est étudiée à des cadences de 16, 50 et 500 images par seconde, à la suite de l'application de pression à la main ou par coup de marteau. La poudre jaune ci-dessus devient biréfringente sous l'influence des efforts quant on l'examine au polariscope. On peut voir les lignes de couleur superposées qui se produisent dans la région d'efforts maximums. Cette zone semble coïncider avec la région de jonction du foramen magnum avec la cavité générale de la tête simulée.

(4) On laisse tomber un cadavre humain sur un panneau de verre et l'on obtient des enregistrements photographiques de la chute à une cadence de 16 images par seconde, puis une deuxième

fois à une cadence de 1500 images par seconde. On observe très clairement la rupture du panneau de verre, ainsi que les mouvements de la tête lorsqu'elle se heurte au verre.

J—9

### Applications biologiques de la cinématographie ultra-rapide (Film)

ERIC LUCEY

[409]

## Partie K

K—1

### Certains aspects philosophiques des techniques photographiques à grande vitesse

MORTON SULTANOFF

[411]

L'auteur examine les éléments d'incertitude dans l'interprétation des enregistrements photographiques obtenus par un grand nombre des techniques mises en jeu dans l'emploi des instruments photographiques à grande vitesse. La nécessité d'une compréhension nette des processus étudiés en termes de physique est indiquée comme une condition essentielle dans l'analyse et dans l'association du débit lumineux enregistré électriquement avec le processus en cause.

L'auteur décrit les difficultés qui se présentent dans l'analyse des enregistrements à stries obtenus avec la caméra à miroir tournant et recommande l'emploi simultané d'un équipement auxiliaire pour surmonter ces difficultés. Il démontre aussi l'importance d'un "conditionnement mental" pour éviter les dangers d'une fausse interprétation des enregistrements photographiques à grande vitesse. La nature des caméras utilisées, la lumière enregistrée et les caractéristiques physiques des processus étudiés doivent être analysés avec soin pour éviter les erreurs d'interprétation courantes, dont plusieurs sont illustrées dans le présent mémoire.

K—2

### Qu'est-ce que la sensibilité d'un système photographique?

FRED H. PERRIN

[417]

La notion de sensibilité informative est dérivée intuitivement comme représentant le gradient  $g = dD/dE$  divisé par le produit de la granularité Selwyn  $G$  et de la racine carrée de la superficie  $s$  de la fonction dispersion. Quand le diamètre de l'objectif de l'appareil et les dimensions de l'image finale sont maintenus constants, la distance focale relative de cet objectif pour une reproduction égale des détails varie en fonction directe du produit  $G\sqrt{s}$ . Le temps d'exposition nécessaire varie donc en fonction inverse de la sensibilité informative  $g/G\sqrt{s}$ . Pour un appareil photographique fixe, la reproduction des détails s'améliore à mesure que la distance focale de l'objectif de l'appareil

augmente. Toutefois, le temps d'exposition augmente aussi et, lorsque l'appareil se déplace par rapport à la scène, la reproduction des détails se trouve ainsi diminuée par suite de cette cause et est optima pour une certaine distance focale. L'auteur donne des exemples à l'appui de ces conclusions.

K—3

### Détection au flux des particules par moyen d'un scintillateur et l'emploi de la radiation comme agent investigatif

K. R. COLEMAN

[424]

On a fait des efforts pour améliorer les méthodes actuelles de traitement d'informations dans certains types d'expériences. Un des buts visés a été d'établir un minimum pour le nombre de transformations des porteurs physiques du signal, ce minimum dépendant des aspects physiques du genre d'expérience lui-même. A ce point de vue, un dispositif électronique-optique est plus fondamental avec débit de signaux électriques ou enregistrement d'électrons, tel qu'il a été décrit par Lallemand. L'auteur donne des exemples de ce genre d'appareils dans le domaine en cause. Le but principal des recherches de l'avenir en enregistrement à grande vitesse sera l'utilisation efficace des informations recueillies. Etant donné que la quantité totale d'observations relevées a augmenté dans des proportions considérables, il y a lieu de tenir compte des processus mentaux de l'analyseur, ainsi que des méthodes par lesquelles les critères de choix sont satisfaits.

K—4

### Valeur reçue — L'emploi des techniques photographiques à grande vitesse dans le domaine des recherches et de l'industrie

R. WAYNE ANDERSON

[427]

On se propose d'examiner les aspects économiques de la photographie à grande vitesse comme moyen de travail essentiel dans le domaine des recherches et de l'industrie. On présente les résultats d'une enquête auprès des utilisateurs non militaires de caméras à grande vitesse et notamment sur le mode d'emploi de ces appareils afin de montrer l'accroisse-

ment formidable de l'utilisation des techniques à grande vitesse au cours des dix dernières années et les applications potentielles de la photographie à grande vitesse comme méthode de base dans l'industrie et dans le domaine des recherches. On donne des exemples de la grande variété des emplois de la photographie à grande vitesse dans ces domaines. Un examen des types de caméras généralement utilisées dans l'industrie et de la tendance croissante vers la réalisation de caméras à vitesse accélérée, ainsi que de sources lumineuses et instruments analytiques plus simples et plus efficaces, aboutit à la conclusion que la photographie à grande vitesse prend une place de plus en plus importante dans le domaine des recherches et de l'industrie comme moyen de travail à la fois économique et fondamental.

K—5

### Etude des limites de résolution dans les caméras multi-images à grande vitesse

THOMAS E. HOLLAND

[430]

La majeure partie de ce mémoire est un développement théorique très considérable de la description de Schardin portant sur la notion de teneur informative des limites de résolution dans les caméras multi-images à miroir rotatif. L'auteur donne des renseignements complets sur le rapport d'ouverture, la résolution, la cadence d'images, le temps d'exposition effectif et les exigences de source lumineuse en fonction de la grandeur du miroir rotatif et de la vitesse de l'objet. D'après ces renseignements, on obtient la résolution moyenne par image en fonction de la vitesse de l'image photographique. Cette fonction pourrait être utilisée pour évaluer divers types de caméras multi-images à miroir rotatif. En outre, l'auteur traite brièvement d'une continuation de l'étude théorique de manière à y comprendre aussi les caméras à prisme rotatif et à dissection d'image, les obturateurs électro-optiques et les tubes convertisseurs d'images. La faible résolution inhérente des dissecteurs d'images et des tubes convertisseurs d'images suggère que leur application la plus intéressante est dans la gamme des vitesses maxima d'images et que les caméras cinématographiques de résolution élevée à miroir rotatif ou à prisme rotatif sont les plus utiles aux faibles vitesses.

## Partie L

L—1

### L'application de la photographie à grande vitesse dans la réalisation des réacteurs nucléaires

DANIEL S. GIROUX et GEORGE W.

LINDHOLM

[441]

Des exemples de photos cinématographiques à grande vitesse obtenues au cours d'études techniques de réacteurs nucléaires au Laboratoire National Argonne sont présentés sous forme d'un film de 16mm. Ces enregistrements photographiques à grande vitesse ont contribué à mieux comprendre les nombreux facteurs qui entrent en jeu dans la construction et le fonctionnement des réacteurs nucléaires et des

systèmes qui s'y rattachent. Les études de grande vitesse en question ont porté notamment sur les réactions des produits chimiques de l'uranium, les études de transmission de la chaleur, l'analyse des éléments mécaniques, les réactions entre le sodium et l'eau, la fabrication des éléments combustibles et les phases transitoires d'énergie de réacteurs. Une série de phases transitoires d'énergie aboutit à l'auto-destruction intentionnelle d'un réacteur nucléaire de type ancien.

L—2

### Applications inusitées des instruments d'optique à NOTS

D. KEYES, C. KOINER, W. LAMBERT,

## Comptes-Rendus

GEORGE G. SILBERBERG et D. TIEMANN

[443]

La Station d'Essais de Matériel Naval a élargi ses programmes de développement d'armes de manière à y faire figurer de nouveaux domaines de recherches, notamment la détermination des éléments orbitaux de satellites, la vérification des éléments ou des pistes de recherches supersoniques, l'obtention de données informatives sur les lancements de fusées sous-marines, l'étude analytique de la propulsion des animaux marins, la détermination de la cause des pannes et défauts de fonctionnement sur les postes d'essais statiques des moteurs de fusées et l'étude des phénomènes hydroballistiques dans des réservoirs-modèles. Ces nouveaux programmes ont

nécessité des applications inusitées du matériel et des techniques d'instrumentation optique, qui, à leur tour, ont nécessité de nouveaux perfectionnements dans l'art des techniques des caméras à grande vitesse, dont certains ont été mis au point à la Station ci-dessus.

L—3

**Un exemple d'installation de caméras à grande vitesse au Lawrence Radiation Laboratory, Université de Californie, Livermore**

DAVID C. OAKLEY [449]

L'installation de caméras à grande vitesse du Laboratoire de Radiation Ernest O. Lawrence de l'Université de Californie consiste en cinq emplacements de prise de vues qui utilisent des caméras multi-images à cadences d'images allant jusqu'à 3,3 million/s, des caméras à cellule Kerr à temps d'exposition de 0,005  $\mu$ s et des caméras maculeuses à vitesses d'enregistrement maxima de 15 mm/ $\mu$ s. Ces caméras sont coordonnées à d'autres techniques en vue d'un enregistrement simultané. On a mis au point des techniques qui permettent d'employer simultanément deux caméras à enregistrement intermittent. On utilise des sources de lumière à explosif brisant et l'on a perfectionné des sources lumineuses de type électronique qui permettent de photographier en couleur à des cadences de 1,2 million

d'images/s. La fin de l'enregistrement est commandée par un simple disjoncteur à miroir qui ne prend que 3  $\mu$ s entre l'ouverture et la fermeture.

Les systèmes de caméras et l'équipement auxiliaire ont été conçus en vue d'un maximum de flexibilité et de sûreté de fonctionnement. On a pris grand soin d'assurer la sécurité du personnel. On a réduit au minimum les risques d'ennuyer les voisins. Ces travaux ont été patronés par la Commission d'Énergie Atomique des Etats-Unis au Laboratoire de Radiation Lawrence.

L—4

**L'évolution des techniques de photographie et de cinématographie ultra-rapide au Laboratoire Central de l'Armement depuis le Congrès de Paris de 1954**

PAUL DEVAUX [453]

Bien avant la guerre 1939-1945, le Laboratoire Central de l'Armement avec l'Ingénieur Général Libessart, s'intéressait déjà aux techniques de photographie et cinématographie ultra-rapide. Après une interruption de plusieurs années, une nouvelle équipe fut mise sur ce sujet en 1946. La période 1946-1954 fut employée à former ingénieurs et techniciens à ces techniques très spéciales en se cantonnant sur le plan étude avec peu de réalisations. Le Congrès de Paris en 1954

marquait la fin de cette période d'adaptation et l'orientation vers les objectifs suivants: recherche des limites de précision des différents types d'équipements existants, création d'appareillages nouveaux, et mise en place de procédés de réalisation industrielle devant aboutir à des équipements de grande sécurité joignant performances élevées et service simple. Les tendances et réalisations correspondantes seront passées en revue dans les deux domaines suivants: photographie et cinématographie d'objets non lumineux, par transparence et réflexion; photographie et cinématographie d'objets lumineux par eux-mêmes.

L—5

**L'instrumentation photographique pour l'obtention de données balistiques**

L. E. DAVIDSON [459]

On recueille régulièrement des données balistiques sur le fonctionnement isolé ou d'ensemble de nombreux types d'armes à feu en des emplacements de tir très disséminés sur le Polygone d'Aberdeen. Le présent mémoire décrit les multiples applications de la photographie à instruments utilisée dans les essais d'armes, notamment la photographie à grande vitesse, la photographie à fente sans obturateur, les systèmes à caméra photogrammétrique, les ciné-théodolites de dépistage et les techniques de rayons X à flash.

## Partie M

M—1

**Éclateurs d'extinction comme éléments de commande en cinématographie ultra-rapide**

FRANK FRÜNGEL et WALTER THORWART [469]

Les éclateurs d'extinction sont des dispositifs relativement simples et surs pour la commande d'impulsions de haute tension de grande énergie, notamment si l'on travaille à des fréquences extrêmement élevées. Le but visé par la recherche était la détermination des paramètres de l'énergie et de la fréquence des impulsions, du nombre et de la forme des disques et des gaz à utiliser. Entr'autres, les résultats montrèrent qu'une paire de disques peut supporter une charge de 350 v. Par conséquent, un éclateur d'extinction composé de 25 disques peut être utilisé pour la commande de tensions jusqu'à 9 kv. La fréquence que l'on peut commander augmente également avec le nombre de disques. Ainsi, par exemple, un éclateur d'extinction comportant 25 disques permet des commandes à une fréquence de 50 kHz.

En fonctionnement non commandé, les éclateurs d'extinction peuvent même atteindre des fréquences notablement plus élevées. Un éclateur d'extinction à 25 disques permet d'atteindre des fréquences jusqu'à 300 kHz. Lors de telles décharges, il est même possible d'assurer avec précision le début et la fin d'une série d'éclairs, par exemple, à l'aide de thyatron à grande puissance; dans ce cas, un thyatron est connecté en série avec la résistance de charge, tandis qu'un second court-circuite l'éclateur d'extinction par l'intermédiaire d'un élément retardateur. Il a été constaté que les gaz convenant le mieux pour le remplissage de l'enceinte de l'éclateur étaient l'hydrogène pur ou l'hélium. Dans ces gaz, des disques de cuivre avec intervalles de 0,15 à 0,2 mm donnèrent les meilleurs résultats.

La durée de vie des disques de cuivre dépend de l'importance des cratères se formant sur leur surface. Comme l'éclateur d'extinction est démontable, il est possible de réapproprier les électrodes en forme de disques une ou deux fois.

Etant donné que l'on n'utilise pas de cathode dans ce système, il n'existe pas de limite pour le courant de crête, mais seulement pour la charge thermique; la limite de cette dernière se calcule d'après la température spécifique du matériau et le coefficient de couplage du gaz utilisé. L'éclateur d'extinction a donc un très grand champ d'application comme organe de commande de faible résistance pour des impulsions à haute fréquence et grande énergie destinées à l'alimentation de lampes à décharges, éclateurs dans l'air, transformateurs d'impulsion, etc., ce qui sera démontré à l'aide d'exemples.

M—2

**Un système de précision pour la régulation de la vitesse d'une caméra à grande vitesse**

DAVID A. CAHLANDER [473]

L'auteur décrit un procédé efficace de régulation de la vitesse d'une ciné-caméra à grande vitesse. On place un capteur de réductance tout près des dents du pignon de l'axe d'entraînement d'une caméra Fastax. Chaque fois qu'une dent du pignon passe devant le capteur, une pulsation de voltage est engendrée. On mesure la durée de temps entre les pulsations successives et on l'a compare à la durée de temps désirée. On en dérive un signal d'erreur qui règle l'angle de conduction pour une paire de thyatron. Ces thyatron régularisent la quantité de courant à l'entrée dans les moteurs de la caméra et par suite la vitesse de la caméra.

Cette spire de rétroaction basée sur les données recueillies permet de régler la cadence de prise de vues de la caméra avec un haut degré de précision. Lorsqu'on laisse entrer le courant, la caméra s'accélère rapidement jusqu'à ce qu'elle atteigne la vitesse choisie à l'avance et maintient ensuite cette vitesse jusqu'à ce qu'on coupe le courant. Cette méthode n'est pas seulement utile aux cadences rapides de prise de vues, mais est également efficace à des vitesses beaucoup plus faibles que cela n'est normalement possible avec une caméra à grande vitesse. Cette activité a eu l'appui de l'Armée, de la Marine de Guerre et des Forces Aériennes Américaines.

## Systèmes de Contrôle et d'Analyse

M—3

**Un système de commande automatique pour une caméra à grande vitesse**

JOHN G. G. HEMPSON [478]

Le temps utile de prise de vue, de durée très courte, d'une ciné-caméra à grande vitesse telle que la Fastax exige la synchronisation précise des processus nécessaires pour déclencher et contrôler le phénomène à photographier. L'équipement décrit par l'auteur permet de régulariser l'ordre et la durée d'un maximum de six processus en relation exacte avec la vitesse du film de la caméra. On utilise des techniques et des éléments de téléphone automatique et les séries à photographier sont disposées sur un panneau à bagues et douilles. Un accélérateur non échelonné est prévu pour les moteurs de la caméra, ce qui permet de fortes valeurs d'accélération par rapport à la tension exercée sur le film.

Le cas considéré par l'auteur est la photographie des phénomènes d'injection et de combustion dans un moteur à compression et allumage. Toutefois, l'équipement en question est très adaptable et peut servir à résoudre d'autres problèmes et à commander plusieurs processus ou des périodes plus longues avec les modifications appropriées de construction. L'auteur décrit aussi une technique accessoire pour transformer des enregistrements de 16mm à mi-hauteur d'image en format normal de 16mm et pour allonger s'il y a lieu, par répétition d'images, les sections essentielles d'un même film.

M—4

**Un dispositif de télécommande pour les ciné-caméras multiples à grande vitesse**

FRED METLEN [481]

M—5

**Un générateur à programme d'impulsions**

JAKOB H. HOHL et R. MÜNGER [482]

Pour obtenir la synchronisation d'un éclair électronique à grande puissance il a été développé

un générateur à programme d'impulsions. Le générateur produit des séries de 110 impulsions à intervalles égaux. De ces impulsions 30 peuvent être déterminés arbitrairement pour former un cycle du programme. L'on peut varier l'intervalle entre deux impulsions successives de 10  $\mu$ s à 1 s. Le démarrage d'un seul ou de plusieurs cycles du programme se fait à la main ou par un signal extérieur. L'instrument entier est muni de transistors et non pas de tubes à vide.

## M—6

### Un dispositif déclencheur pour caméra à grande vitesse

C. P. JOHNSON et S. A. LOTT [484]

Le dispositif déclencheur dont il s'agit produit une image-étincelle près du bord du film pour indiquer l'instant où se produit un processus extérieur. Un thyatron est déclenché par l'in-

terruption d'un faisceau lumineux tombant sur une cellule photo-électrique de type non microphonique par l'entremise d'un obturateur qu'on peut ouvrir à tout moment approprié avant l'arrivée du processus. Moyennant de légères modifications, le dispositif peut être utilisé pour déclencher des lampes-éclair à charge de fils ne servant qu'une fois

## M—7

### Procédé d'analyse de films enregistrés à haute fréquence

FRANZ TOPFER [486]

Quand on relève des diagrammes temps/mouvement des films enregistrés à haute fréquence il est nécessaire que l'avancement du papier à diagramme soit exactement proportionnel aux intervalles de temps entre les images du film. Ordinairement la longueur de chaque pas

d'avancement du papier à diagramme doit être déterminée par des mesures préalables de la fréquence des images. On évite cet inconvénient par moyen du procédé décrit qui consiste en l'enregistrement sur chaque image du film d'un cadran tournant à vitesse déterminée. L'appareil pour la lecture des films est muni d'une replique exacte du cadran et la rotation de cette replique est proportionnelle à l'avancement du papier à diagramme. Comme le film s'avance d'une image à l'autre, le papier est avancé indépendamment jusqu'à ce que le cadran sur l'analyseur se trouve dans la même position que le cadran sur la nouvelle image du film. Le pas d'avancement du papier à diagramme est automatiquement proportionnel à l'intervalle de temps entre chaque image et l'image précédente. Le rapport entre la rotation du cadran et l'avancement du papier peut être modifié pour donner n'importe quelle échelle de temps dans le diagramme temps/mouvement.

## Partie N

## N—1

### La photographie à grande vitesse appliquée aux recherches aérodynamiques à grande vitesse au National Physical Laboratory

R. J. NORTH [489]

Il est donné un compte rendu sur les systèmes de sources de lumière-étincelles utilisés dans la Division Aérodynamique du Laboratoire National de Physique pour la photographie des débits rapides dans les tunnels aérodynamiques et les tubes de choc. Ces systèmes se composent d'éléments de base qui peuvent être employés de manières diverses, isolément ou en combinaison, comme dans un système Cranz-Schardin. L'auteur indique et évalue brièvement certains des résultats obtenus avec ces systèmes de sources de lumière-étincelles. L'article contient des photographies de tunnels aérodynamiques, de tubes de choc et de tunnels de choc, prises au moyen de systèmes schlieren, schlieren en couleur et schlieren avec interféromètre.

## N—2

### Photographie ultra-rapide de flux d'air rapides et d'ondes de choc à l'aide d'étincelles à haute tension et haute fréquence

H. G. PATZKE, WALTER THORWART et FRANK FRÜNGEL [498]

La méthode de Bömelburg, Weske et Herzog a été perfectionnée, en particulier pour l'application aux travaux dans des tunnels aérodynamiques, par l'utilisation d'étincelles de 2.03 à 50 cm de longueur. Un transformateur d'impulsions de construction nouvelle admet des énergies jusqu'à 40 megawatts pour des fréquences jusqu'à 50.000 par seconde, avec des durées de 0,3 à 1  $\mu$ sec par décharge.

Des décharges d'une fréquence de 2000 à 300.000 par seconde, fournies par le Strobokin, sont envoyées dans l'enroulement primaire d'un transformateur d'impulsions spécial, dont la partie essentielle est un noyau de fer en toles "Hyper" avec isolement à l'hostaphan. Pour une tension d'environ 5 kv par spire, le noyau lamellaire est amené à sa saturation magnétique en environ 0,2  $\mu$ sec. Il en résulte une élévation très rapide de la tension au secondaire; pour 75 spires, par exemple, la tension à vide est de 300 kv.

Grace à la courte durée des étincelles, les images sont exemptes de flou, même pour des vitesses du flux d'air de plusieurs Mach. Bien que la brillance des étincelles soit suffisante pour

la photographie ultra-rapide, l'expérience pratique a montré que leur faible énergie n'occasionne aucune perturbation thermodynamique du flux d'air observé. La cadence d'étincelles la moins élevée possible pour laquelle il ne se produit pas de désionisation est de 2000 par seconde avec une distance de 1 mm entre les étincelles, ce qui correspond à une vitesse du flux d'air de 5 m/sec. La cadence maximum de 300.000 étincelles par seconde avec une distance de 10 mm entre les étincelles correspondrait à une vitesse du flux d'air de 3 km/sec, c'est-à-dire, Mach 9. De la même manière, les perturbations produites dans un flux d'air par des explosions et des ondes de choc de détonations et la formation de tourbillons subséquents peuvent être enregistrées par la méthode décrite.

## N—3

### La photographie à grande vitesse de l'impact entre un liquide et un solide

J. H. BRUNTON [503]

On a eu recours aux méthodes de photographie à grande vitesse pour étudier les phénomènes qui se produisent lorsqu'une surface solide est frappée par une petite masse de liquide se déplaçant à de très grandes vitesses. On a construit un appareil permettant de projeter de petits cylindres d'eau (d'un diamètre de 1 mm) contre des surfaces solides à des vitesses allant jusqu'à 1000 m/s. On a photographié le déplacement de la masse liquide, ainsi que la désagrégation de la cible solide lors de l'impact, au moyen d'une caméra à miroir tournant Beckman & Whitley (Modèle 189), et aussi d'un système Cranz-Schardin à 6 étincelles. On a utilisé les techniques schlieren et photoélastique pour déterminer la répartition des efforts et des tensions au sein de la matière de la cible au moment de l'impact.

On a réussi, au moyen de ces méthodes, à démontrer que la majeure partie de la déformation de la cible est due à un phénomène de compression au sein de la masse liquide entrant en collision. L'auteur examine aussi les cas d'échec attribuables à l'action de cisaillement de l'écoulement liquide sur la surface de la cible et à la réflexion ou interférence d'ondes de tension dans la cible proprement dite.

## N—4

### Etude de la structure et de l'émission ultrasonore d'un jet d'air à grande vitesse au moyen de la méthode des stries et de l'ombrographie

F. CANAC et M. MERLE [508]

## Dynamique de l'Écoulement

Un jet d'air à grande vitesse crée un champ acoustique ultrasonore. La méthode des stries permet de le visualiser. On détermine ainsi certaines relations entre la fréquence émise et la pression génératrice. D'autre part, la méthode d'ombrographie donne, pour une pression donnée, deux types de renseignements suivant la durée de la pose: (1) pour des poses de l'ordre de la seconde on observe, par intégration, une structure cellulaire caractéristique d'un intervalle de pression; (2) pour des poses de l'ordre du millionième de seconde, on observe, à un instant donné, cette structure et, en utilisant une caméra électronique ultra-rapide (au 10<sup>-5</sup> s par exemple) on met en évidence une oscillation périodique du jet. On constate que cette période est égale à celle de la fréquence émise. En répétant au préalable sur un film un certain nombre de fois chaque vue séparée de la caméra électronique, on peut projeter au ralenti ces phénomènes dans tous leurs détails.

## N—5

### L'investigation photographique d'un jet pulsatoire au point d'impact avec une plaque chauffée

G. F. COCHRANE, JR., et R. G. NEVINS [510]

Le but de cette investigation a été de mettre au point une technique permettant d'obtenir les enregistrements photographiques nécessaires pour vérifier la validité d'équations approximatives impliquant des hypothèses arbitraires qu'on emploie pour définir l'épaisseur de la couche-limite thermique formée quand un jet d'air pulsatoire se heurte contre une plaque chauffée à surface plane.

Pour déceler les variations de température, qui sont fonction du temps, on a utilisé un appareil schlieren avec treillis à fentes multiples. Pour l'enregistrement des variations de température rendues visibles par l'appareil schlieren, on a employé une ciné-caméra à grande vitesse. Les films obtenus montrent les variations de température dans un sens perpendiculaire à la plaque chauffée et leur évolution en fonction du temps.

## N—6

### Dispositif photomicrographique appliqué à l'étude de la pulvérisation des combustibles liquides au sein d'une chambre de combustion

WILLY DIAMANT [513]

L'éclairage critique est correctement réalisé au moyen d'une fente verticale très lumineuse, de largeur variable, dont on forme l'image dans une partie quelconque du jet. Un microscope — destiné à l'observation — comporte un miroir tournant très bien équilibré, et dont la vitesse est variable. Si la vitesse de balayage du miroir est ajusté à celle des gouttelettes, se déplaçant dans le champ objet, l'image de celles-ci est fixé dans le plan de l'oculaire. La photographie est alors également possible. Les éléments optiques ont été rigoureusement déterminés, car la baisse de contraste est liée, en grande partie, aux aberrations optiques. D'autre part, c'est le contraste maximum qui autorise la perception optimum des gouttelettes. La partie expérimentale traite du mécanisme de la pulvérisation.

N—7

**Photographie et analyse des variations de temps dans la répartition des grosseurs de gouttelettes d'un brouillard de pulvérisation**

MARCUS F. HEIDMANN [519]

On a pris des photos à contre-jour à grande vitesse d'une zone déterminée du brouillard produit par la collision de deux jets d'eau pour examiner l'effet de la grosseur des échantillons sur la répartition des grosseurs de gouttelettes par des prélèvements quasi-continus et pour analyser la nature des variations de temps qui se produisent dans un processus de désintégration à état stable. Le système optique employé a consisté en une source lumineuse de type stroboscopique à décharge d'étincelles d'une durée de moins de 1  $\mu$ s et en une caméra-tambour de 35 mm à circonférence de 5 pieds. Le prélèvement continu d'échantillons a été simulé en synchronisant

essentiellement le jet pulvérisé et la vitesse du film (500 pouces/s) de manière à obtenir des photographies sans agrandissement prises à la cadence de 500 images/s. Pour étudier les variations de temps, on a employé une vitesse de film de 3000 pouces/s et une cadence de lumière-éclair de 10.000/s. Pour le dénombrement des gouttelettes, on a utilisé un analyseur électronique de particules à exploration par faisceau d'électrons et à débit digital.

On a analysé au cours de ces études un total d'environ 300 photographies contenant près de 35.000 gouttelettes. Les répartitions des grosseurs de gouttelettes étaient de nature bimodale et ont nécessité une accumulation d'au moins 10.000 gouttelettes pour se développer complètement. Une variation irrégulière, avec perturbations marquées dans toutes les grosseurs de gouttelettes, s'est produite environ 1000 fois par seconde, soit tous les  $2/10$  de pouce le long du parcours d'écoulement.

N—8

**Photographie ultra-rapide de phénomènes hypersoniques par stroboscopie interférentielle**

H. OERTEL [525]

Un interféromètre différentiel, constitué essentiellement par des biprismes de Wollaston et des lentilles, a permis de réaliser, en liaison avec une chronoloupe à 24 étincelles, des séries d'images de l'onde de tête et de la couche limite de différents corps soumis à des écoulements hypersoniques d'azote, d'air ou de gaz carbonique. Ces écoulements ont été produits dans un petit tube de choc hypersonique permettant d'atteindre des nombres de Mach de 4 à 8, des températures d'arrêt entre 1000 K et 4000 K et

des densités de gaz de  $3.10^{-4}$  à  $10^{-1}$  de la densité normale. Les rafales avaient une durée de  $4.10^{-6}$  à  $8.10^{-6}$ s. Les étincelles étaient produites à la fréquence de  $2,5.10^6$  Hz dans un seul éclateur. La séparation des images était obtenue sur film en rotation. Le dispositif optique a permis l'emploi d'une source lumineuse étendue.

N—9

**La détermination du comportement-type des turbulences par la cinématographie à étincelles**

H. REICHENBACH [530]

Bien que l'expansion des ondes de choc dans les gaz suive de très près la loi-type de Cranz et se produise par conséquent d'une manière quasi-fixe, on ne peut pas s'attendre à ce que la même affirmation s'applique automatiquement à l'origine et à l'expansion des zones de turbulence. Divers auteurs (par exemple, Howard et Matthews) ont montré par des expositions simples que l'on peut néanmoins présumer que l'expansion quasi-fixe s'applique aussi aux zones de turbulence.

Pour compléter les travaux expérimentaux de H. Schardin, on a examiné l'expansion de turbulence sur le bord intérieur d'un tube d'ondes de choc au moyen d'une caméra à étincelles multiples, et l'on a effectué les observations suivant les principes de l'ombrographie et ceux de l'optique à interférence. Ces expériences ont démontré que l'expansion de la turbulence est pour ainsi dire quasi-fixe — c'est-à-dire qu'après qu'il s'est écoulé un certain temps (dans nos essais, environ 20  $\mu$ s), la vitesse d'expansion de la turbulence devient constante. Essentiellement, l'influence de la viscosité est ainsi limitée à la toute première phase de la formation de turbulence.