

# LA TECHNIQUE DES FLUIDES

La lettre d'information du Centre d'Etudes et de Recherches de Grenoble de GEC ALSTHOM ACB

Nov. 1994 - n° 5

## EDITORIAL

Nos prestations d'études, de calculs et d'essais s'intègrent généralement dans un processus de faisabilité d'un projet, de développement d'un produit ou de qualification d'un matériel. Elles doivent, à ce titre, garantir la qualité des résultats et satisfaire les besoins de nos clients.

L'assurance de la qualité est aujourd'hui un impératif économique majeur qui nécessite des actions relatives à l'organisation et aux procédures de travail, mais aussi un engagement résolu de tous les intervenants, fruit d'une évolution des mentalités et des pratiques qui ne s'acquiert pas en un jour.

De plus, les méthodes d'assurance de la qualité se sont intéressées en priorité à la production avant de prendre en considération, plus récemment, les phases situées plus en amont de conception (étude de faisabilité et de définition) et de développement.

Le CERG s'est engagé très tôt dans la maîtrise de la qualité des études. Il a ainsi obtenu la certification RAQ1 de la DGA dès 1990 et prépare aujourd'hui sa certification ISO 9001.

Nous espérons, par cette démarche, continuer à satisfaire au mieux vos besoins.

M. VISCONTI

## HISTORIQUE ... ET RAISONS SOCIALES

Le CERG, premier centre d'études privé français spécialisé en mécanique des fluides, trouve ses racines dans la culture industrielle traditionnelle de la région grenobloise.

Issu du Laboratoire Dauphinois d'Hydraulique, le CERG a été un département de SOGREAH, puis de NEYRTEC, avant de devenir, en 1986, l'établissement grenoblois de la société nantaise ACB, filiale à cette époque d'ALSTHOM-ATLANTIQUE.

Aujourd'hui, notre société prend, par décision de son actionnaire, la nouvelle dénomination sociale "GEC ALSTHOM ACB".

Le CERG poursuit donc son activité sous ce nouveau nom, qui précise son appartenance à un grand groupe européen, et reste au service de ses clients avec son expérience de plus d'un demi-siècle et ses compétences et moyens sans cesse mis à niveau pour mieux répondre aux besoins du futur.

### Sommaire :

- **Editorial** p 1
- **Historique ...** p 1
- **En vedette :** p2  
Le refroidissement par écoulement diphasique
- **Retombées de nos interventions chez nos clients :** p3  
EGT, Technip et TP de Monaco, Unimétal, Vallourec.
- **On en parle dans la presse :** p3  
Directive Machines  
Une aile de planche à voile révolutionnaire
- **L'agenda CERG des colloques** p4
- **Les stages du CERG :** p4  
Présentation des stages H4 et H5.  
Calendrier des stages pour l'année 1995
- **Nouvel équipement :** p5  
Une station informatique pour réduire coûts et délais
- **Info produit :** p5  
Le CERG effectue vos mesures et les interprète
- **La communication du mois :** p6  
Les techniques de visualisation (3<sup>ème</sup> partie).

  
G E C A L S T H O M

# LE REFROIDISSEMENT PAR ECOULEMENT DIPHASIQUE.

## 1. Contexte

Les situations dans lesquelles on est conduit à refroidir un matériel industriel sont innombrables. La plupart du temps, on a recours à des échangeurs de chaleur alimentés par de l'eau froide, quand il n'est pas suffisant de réaliser une simple ventilation des pièces à refroidir.

Néanmoins, il est des situations où l'encombrement de ces circuits ou systèmes de refroidissement devient un facteur de conception majeur. Citons par exemple le cas de baies d'électronique de puissance embarquées sur navires ou sur véhicules (trains, véhicules de combat, ...), des transformateurs implantés en milieu urbain (villes, gares, tunnels, ...), des culasses de moteur, sans parler bien sûr du contexte particulier des centrales nucléaires.

Dans tous les cas, on peut ramener la question du refroidissement au problème suivant : comment évacuer vers un milieu extérieur un flux spécifique de chaleur, noté  $\phi$ , et défini par :

$$\phi = W/S \text{ (watts/m}^2\text{)}$$

W étant la puissance calorifique dégagée et S la surface d'échange du système de refroidissement par laquelle on doit faire transiter cette puissance.

Typiquement, les systèmes de refroidissement "grand public" sont capables d'évacuer des flux de l'ordre de quelques dizaines de watts/cm<sup>2</sup>.

Pour des applications industrielles particulières, on peut être conduit à gérer des flux de plusieurs centaines, voire plusieurs milliers, de Watts/cm<sup>2</sup>.

C'est dans ce dernier contexte que le recours à de l'eau partiellement vaporisée comme fluide de refroidissement trouve tout son intérêt, pour deux raisons essentielles :

- les flux de chaleur traités atteignent effectivement des valeurs très élevées pour des surfaces d'échange réduites,
- il s'agit d'un liquide "propre" et "sécurisant", c'est-à-dire qu'il ne présente pas les inconvénients liés aux risques d'incendie ou de pollution inhérents à l'em-

ploi d'autres fluides utilisés dans ce contexte (huile, fréons et ammoniaque en particulier).

## 2. Principe

Lorsqu'un fluide, à la température  $T_f$ , circule le long d'une paroi dont la température est  $T_p$ , le flux de chaleur spécifique extrait de la paroi s'écrit :

$$\phi = h (T_p - T_f) \text{ (voir fig. 1).}$$

Dans cette expression, h est un coefficient de transfert pour lequel la littérature donne les ordres de grandeur suivants :

- $h \cong 10 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°K}$ , pour un refroidissement par convection naturelle en air,
- $h \cong 3000 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°K}$ , pour un refroidissement par convection forcée en eau circulant à 1 m/s,
- $h \cong 30\,000 \text{ à } 300\,000 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°K}$ , pour un refroidissement par convection forcée en circulation diphasique à 1 m/s.

L'accroissement spectaculaire des coefficients de transfert obtenus grâce à la mise sous ébullition partielle de l'eau trouve son origine dans les mécanismes hydrodynamiques suivants (fig. 2) :

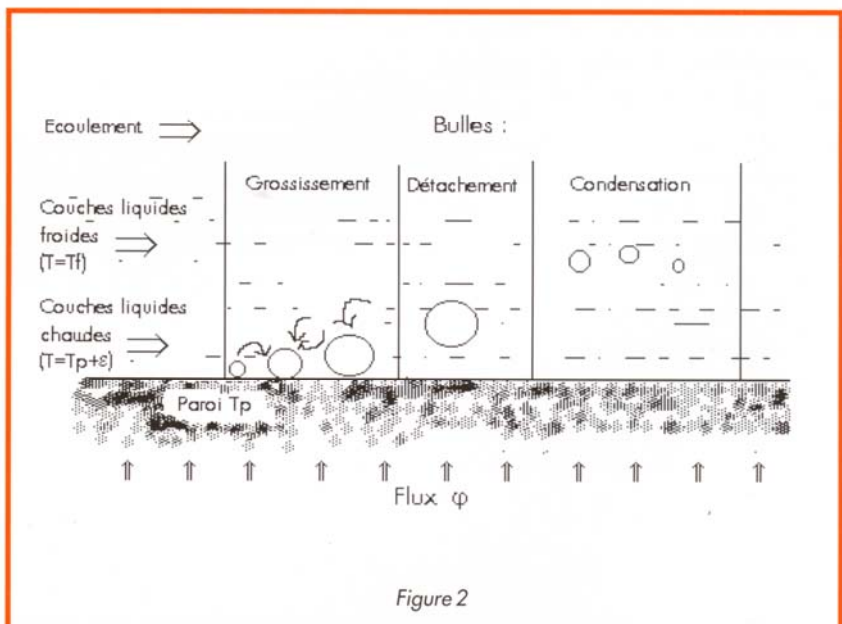
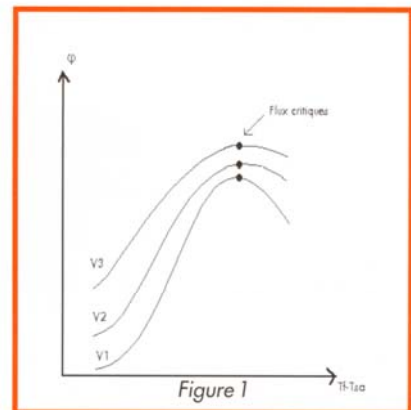
- les bulles de vapeur qui prennent naissance et grossissent à proximité de la paroi accroissent l'agitation locale du liquide et par conséquent l'intensité des échanges de masse entre les couches fluides;
- ces mêmes bulles emmagasinent

une quantité de chaleur importante (chaleur latente de vaporisation) qu'elles redistribuent dans la masse du liquide lorsqu'elles se recondensent dans les couches plus froides éloignées de la paroi.

## 3. Limite : l'assèchement

Il peut être tentant de poursuivre le processus jusqu'à son terme, c'est-à-dire de manière à vaporiser totalement le liquide incident. Par exemple, un débit d'eau de 1 kg/s est susceptible d'emmagasiner par évaporation (et donc d'évacuer) une puissance thermique de 2 mégawatts !

En réalité, si on dépasse le stade de l'ébullition partielle présenté ci-dessus, il se forme rapidement un film continu de vapeur sur la paroi qui assèche cette paroi et réduit considérablement les mécanismes de transfert.



## RETOMBÉES DE NOS INTERVENTIONS CHEZ NOS CLIENTS

### Dépoussiérage du four bicuve d'Unimétal Gandrange.

4 juillet 1994 : chargement du premier panier de ferrailles, claquement de l'arc électrique, gerbes d'étincelles, une colonne de fumées et de poussières qui s'élève vers la toiture et le four électrique bicuve d'Unimétal Gandrange vient d'être mis en service, avec une capacité de production qui va passer de 900 000 à 1,4 million de tonnes d'acier par an.

Pour obtenir un bon assainissement de la halle, Unimétal Gan-

drange a décidé de faire une étude préalable sur maquette du captage, en collaboration avec le Centre d'Etudes et de Recherches de Grenoble.

La forme définitive de la hotte a été déterminée après de multiples essais et les débits de captation ont pu ainsi être optimisés en fonction des différentes phases de fonctionnement, pour réduire les coûts d'investissement (disposition et volume des installations) et les coûts de fonctionnement (débits d'air à traiter) dans le respect des efficacités de captage souhaitées.

### Dépoussiérage du four UHP de 85 tonnes de Vallourec Saint Saulve.

Le CERG a réalisé l'étude sur maquette du dépoussiérage en toiture au-dessus du four électrique de 85 tonnes de l'aciérie de St Saulve pour la société Vallourec.

L'étude a permis de tester différentes options et améliorations de formes de hotte dans le but de réduire la dilution des fumées et optimiser le débit total de l'installation de dépoussiérage, en tenant compte de toutes les phases de la production et des contraintes liées au procédé (par exemple : passage des ponts roulants).

Les services techniques de la société Vallourec définissent actuellement les plans de détail du captage pour une réalisation et un montage qui sont programmés pour 1996.

### Equilibrage d'une turbine à gaz en Iran.

Le CERG a participé à l'équilibrage dynamique in situ d'une turbine à gaz de type 6000, sur l'île de Kish, en Iran.

Un équilibrage très fin a été obtenu grâce au logiciel EQUIL (commercialisé par le CERG), en optimisant la position des masses au cours de la montée en température de la machine.

Ainsi, le niveau de vibrations des paliers a été divisé par deux et l'équilibrage de qualité G 2,5 a été obtenu.

### Optimisation d'ouvrages hydrauliques.

Les puits de chute et les puits vortex sont des ouvrages hydrauliques dont le rôle est de contrôler la dissipation de l'énergie d'un écoulement à grand débit (plusieurs dizaines de m<sup>3</sup>/s) sur de grandes hauteurs de chute (jusqu'à 100 m) dans un environnement où une dissipation libre n'est pas acceptable (milieu urbain, site industriel).

Le CERG a récemment optimisé, à l'aide d'essais sur modèles réduits, la taille de tels ouvrages, pour les besoins de TECHNIP et des TRAVAUX PUBLICS DE MONACO.

Les réalisations sont en cours.

(Suite de la page 2)

Ce phénomène, connu sous le nom de "burn out", limite en pratique les coefficients de transfert à une valeur maximale correspondant au flux critique.

La valeur de ce flux critique dépendra essentiellement de la vitesse et de la pression du liquide (fig. 2) qui deviennent finalement les paramètres qu'on peut définir et régler à volonté sur un circuit afin d'ajuster son efficacité de fonctionnement.

### 4. Exemple d'application

Le CERG développe actuellement un concept original visant à refroidir des freins de véhicules lourds par circulation de fluide diphasique.

Ainsi, par exemple, si on veut arrêter un véhicule de 35 tonnes roulant à 70 km/h avec une distance de freinage de moins de 100 m, il faut évacuer une puissance thermique de l'ordre de 1,5 mégawatt.

Si on cherche à limiter le nombre de freins à disque à 4, on calcule que les flux à évacuer localement sont de l'ordre de 700 W/cm<sup>2</sup>. Pour de telles valeurs, un système de frein classique est en limite fonctionnelle.

Par contre, un circuit de refroidissement adapté peut permettre d'atteindre les performances souhaitées.

## ON EN PARLE DANS LA PRESSE

### Obligation d'étiquetage du bruit des machines.

Depuis le premier janvier 1990, la directive Machines fait obligation aux constructeurs d'afficher le niveau de bruit généré par les équipements et matériels qu'ils fabriquent. Le CERG intervient déjà auprès de clients pour les aider à suivre cette directive.

### Amélioration d'une aile de planche à voile.

La revue Wind Magazine s'est fait l'écho des premiers essais à la mer d'une planche de surf équipée d'une voile épaisse double surface.

Le CERG a aidé l'inventeur, Monsieur Arnaud BALLU, à définir le profil aérodynamique optimum compatible avec une technique de réalisation qui confère au dispositif les caractères de simplicité et de fiabilité qu'on attend de ce type de produit.

Au vu des premiers résultats, on peut gager que la nouvelle voile fera bientôt parler d'elle en compétition.



## L'AGENDA "CERG" DES COLLOQUES ET DES SALONS

Date	Nom de la manifestation	Nom de la communication et des auteurs
19 Octobre 1994, Paris	FIDAP User's Meeting	"Calcul du niveau de cavitation dans des jets turbulents" J. PAUCHET - P. RASCALON (GEC ALSTHOM ACB - CERG)
14 au 16 Novembre 1994, Paris	World Congress on Railway Research	"High Speed train boundary layer noise" O. LEOST - A. FAGES (GEC ALSTHOM TRANSPORT) - V. LAGARRIGUE - R. PERRET (GEC ALSTHOM ACB - CERG)
2 au 5 Mai 1995, Deauville	CAV'95 International Symposium on Cavitation	"Tip clearance cavitation in the wake of static vanes" P. CHANTREL - R. LABORDE (GEC ALSTHOM ACB - CERG) - O. BOULON - M. MOREY (LEGI)  "Influence of nuclei injection on cavitation inception in confined turbulent jets" J. PAUCHET - J. WOILLEZ (GEC ALSTHOM ACB - CERG)  "Venturi Nuclei Analyser : standard and special applications" B. GINDROZ (Bassin d'Essais des Carènes) - A. HELLION - S. LAVIGNE (GEC ALSTHOM ACB - CERG)  "Measurements of the aggressivity of erosive cavitating flows at two different scales by a method of pits analysis" S. LAVIGNE - A. RETAILLEAU - J. WOILLEZ (GEC ALSTHOM ACB - CERG).

## LES STAGES DE FORMATION EN HYDRAULIQUE DU CERG

Le CERG innove et propose deux nouveaux stages de courte durée centrés sur un thème très précis et très pointu. Ce sont :

**H4 / POMPES** : stage de 16 heures sur 2 jours, appliqué à la connaissance des éléments de choix, d'installation et d'utilisation des pompes.

**H5 / COUPS DE BELIER** : stage de 16 heures sur 2 jours, ciblé sur la connaissance des éléments d'analyse des écoulements transitoires et des protections appropriées.

Ces stages intensifs sont destinés aux ingénieurs et techniciens ayant besoin d'un complément de connaissance à acquérir dans la perspective d'une application professionnelle imminente.

En outre, un nouveau stage est en préparation. Il sera consacré aux problèmes de bruits et vibrations rencontrés sur les circuits hydrauliques industriels. Il sera proposé à partir du printemps 1995. Les personnes intéressées peuvent prendre contact dès à présent avec nous.

Comme toujours, le Centre de Formation du CERG assure aussi ses stages classiques H1, H2 et H3 dont voici les dates de session :

Stage	Mars	Avril	Juin	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
H1	13 au 17		12 au 16		2 au 6		4 au 8
H2						13 au 17	
H3	20 au 24				16 au 20		
H4	28 et 29			26 et 27			
H5		4 et 5		19 et 20			

Les renseignements pédagogiques et sur le contenu des cours peuvent être pris auprès de M. Bonazzi. Pour les renseignements d'ordre administratif, voir Mme Malleval.

## UNE NOUVELLE STATION INFORMATIQUE POUR RÉDUIRE COÛTS ET DÉLAIS

Le CERG vient de se doter d'une nouvelle station de travail IBM/RS6000 (modèle 3AT) équipée de 128 Moctets de mémoire vive, de 4 Goctets de disque, qui a été choisie après plusieurs "benchmarks" (tests) de simulation numérique sur diverses machines.

Cette machine, reliée aux autres calculateurs du CERG par réseau, accroît de manière sensible le potentiel du CERG dans le domaine de la simulation numérique.

La variété des périphériques disponibles (lecteurs de disquette, de bande, de cartouche DAT et CD-ROM, imprimante à jet d'encre) permet une plus grande souplesse de communication avec ses clients, que ce soit au niveau de la lecture de données ou de la fourniture de résultats.

Equipé d'un processeur de type POWER Z, ce matériel est actuellement le plus performant de sa gamme et permet d'envisager des simulations numériques qui, il y a quelques mois encore, n'auraient pu être réalisées qu'à l'aide de supercalculateurs de type CRAY ou CONVEX.

L'acquisition de cette station de travail s'est avérée nécessaire, compte-tenu du rôle de plus en plus important de la simulation numérique dans le développement de procédés et équipements industriels, les études soumises au CERG mettant en jeu des phénomènes physiques et des géométries de plus en plus complexes.

Dans le domaine de la simulation des écoulements de fluides et en thermique, cette station, couplée avec le logiciel FIDAP, permet dorénavant au CERG d'étudier des phénomènes physiques complexes (instationnaires, phénomènes couplés, ...) dans des géométries de plus en plus importantes.

Il devient alors possible d'étudier des modèles tridimensionnels dépassant 100 000 noeuds pour :

- des géométries de grande dimension (ventilation d'usines, écoulements autour de véhicules, environnement, ...);
- des géométries complexes (moules, turbomachines, organes hydrauliques ou aérauliques, moteurs, ...) pour lesquels il est

important de représenter de manière précise divers détails géométriques;

- pour la modélisation de phénomènes fortement couplés (convection thermique dans les fluides, écoulements biphasiques ou avec réactions chimiques, solidification partielle, ...);
- les problèmes de surface libre deviennent également accessibles.

Les performances optimales de cette station de travail permettent d'effectuer les travaux de conception,



de tests et d'exploitation des modèles numériques dans des temps plus courts et donc d'optimiser les coûts d'étude et d'améliorer les délais de réalisation.

## LE CERG EFFECTUE VOS MESURES ET LES INTERPRETE

**C'est une activité réalisée depuis toujours par le Centre en complément indispensable à une campagne d'essais. Il la propose maintenant comme prestation à part entière et s'appuie sur ses points forts : l'expérience et la faculté d'intervenir sur des cas complexes.**

Différents niveaux d'interventions sont proposés : de l'étalonnage et de la prise de mesures brutes à la mesure interprétée débouchant sur une éventuelle réalisation.

Les domaines de compétences sont variés : mécanique des fluides, bruit, vibrations, mécanique.

Le CERG intervient sur site ou dans son Centre d'Essais.

Mais il intervient aussi en ambiance sévère, ce qui est une grande spécificité : là où il y a beaucoup de poussières (aciéries, fonderies), des températures élevées ou un



important bruit de fond.

De plus, le CERG sait réaliser des mesures avec son matériel embarqué à bord de navire, de train, de voiture, ... en mouvement (mesure de vitesse sur la paroi extérieure d'un train par exemple).

**Si un article a retenu votre attention, ou si vous souhaitez en savoir plus sur nos activités, contactez Christine MARTI :**

par courrier à :  
**GEC ALSTHOM ACB**  
**CERG**  
**Christine MARTI**  
**Rue Lavoisier**  
**38800 LE PONT DE CLAIX**

par téléphone au :  
**76.40.90.40**



par fax au :  
**76.98.08.81**  
à l'attention de C. MARTI



## LES TECHNIQUES DE VISUALISATION : TROISIEME PARTIE

Dans le cadre du cycle d'articles consacrés aux techniques de visualisation, ont été traités -lors des précédents numéros- les moyens de mise en évidence des écoulements, les techniques d'éclairage et le problème de la prise de vue. Ce troisième numéro poursuit ce cycle en traitant de la vidéo et du cinéma rapide. Le prochain numéro de La Technique des Fluides terminera sur la présentation du cas des machines tournantes, des techniques de dépouillement des images et des perspectives d'avenir des techniques de visualisation.

### 4. La vidéo

La vidéo est de plus en plus utilisée sur les expérimentations. Elle constitue un moyen simple de stocker «la mémoire» de l'essai. La cassette vidéo est aussi très facile à transporter et mettre en oeuvre : on peut ainsi présenter très simplement dans la salle de réunion d'un client les résultats d'une expérimentation ayant mis en oeuvre des moyens lourds du CERG.

Le Centre a fait le choix de s'équiper de systèmes vidéo grand public en choisissant les appareils dans le haut de gamme où la qualité est très bonne, sachant que la vocation principale de ces films est la visualisation d'écoulements.

Le CERG travaille aussi avec des cinéastes professionnels lorsque son client désire une vidéo destinée à promouvoir les études investies sur ses produits.

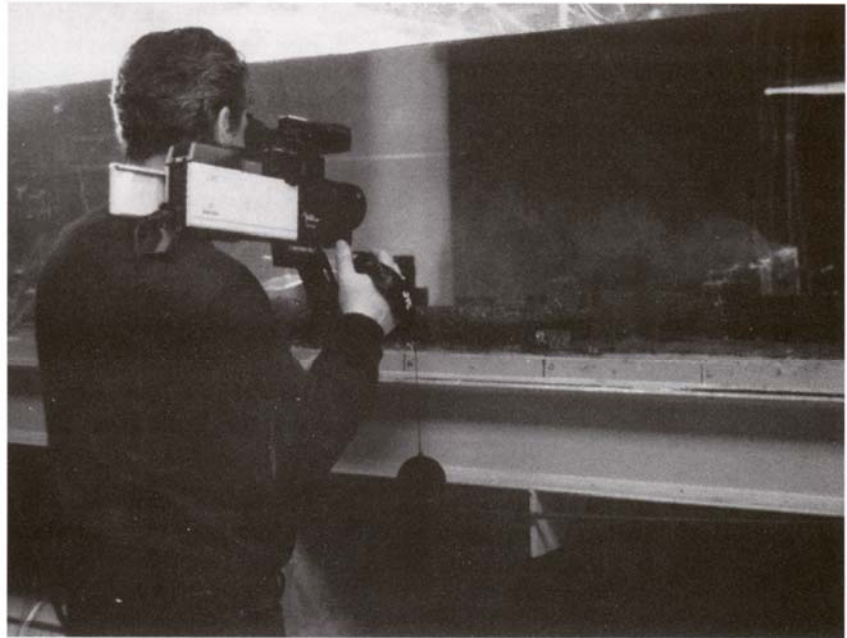
L'utilisation de la vidéo reste limitée aux phénomènes lents (à l'échelle de la mécanique des fluides) car le matériel fonctionne à la cadence de 25 images/seconde.

### 5. Le cinéma rapide

Pour l'étude des phénomènes rapides ou instationnaires, mais aussi pour faire de la trajectographie d'engins sous-marins, le CERG est équipé de moyens importants de cinématographie rapide (prise de vues, développement et dépouillement des films).

Il utilise les deux formats suivants : 35 et 16 mm.

Les caméras 35 mm permettent de réaliser des films jusqu'à 200 images/seconde avec un temps de pause minimum de 0,2 milliseconde. L'éclairage est soit de type con-



tinu, soit de type flash synchronisé avec l'ouverture de l'obturateur (électronique réalisée au CERG).

Le Centre dispose d'une large gamme d'objectifs : du très grand angle au téléobjectif en passant par des objectifs spéciaux pour filmer des scènes sous-marines.

L'avantage principal du format 35 mm est la grande taille de l'image obtenue (18 x 24 mm). Elle permet une grande résolution d'image et la possibilité de forts agrandissements.

Le CERG dispose de plusieurs caméras synchronisables permettant de filmer la même scène sous des angles de prise de vues différents pour, après traitement, faire de la trajectographie en trois dimensions.

Le Centre possède également une caméra au format 16 mm qui sert à réaliser des prises de

vues de 100 à 8000 images/seconde.

On utilise cet appareil pour la visualisation de phénomènes très rapides tels que la fermeture des poches de cavitation ou le suivi de «crashes» en essais destructifs.

Il s'agit d'un matériel très performant mais qui nécessite un personnel d'exploitation qualifié pour en maîtriser l'utilisation. En effet, la durée totale de défilement d'un film tourné à 5000 images/seconde est de 3 secondes seulement : la synchronisation parfaite de l'essai est donc primordiale pour obtenir un résultat exploitable.

Les deux types de caméra (35 mm et 16 mm) peuvent utiliser des films noir et blanc ou couleur. Le CERG est équipé d'une machine à développer les films cinéma 16 et 35 mm en noir et blanc.