

# LA TECHNIQUE DES FLUIDES

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

Novembre 1993 - n° 3

## EDITORIAL

Les vacances sont terminées et nous espérons qu'elles vous ont apporté la détente que vous attendiez.

Ce numéro de rentrée de la Technique des Fluides vient vous présenter quelques développements menés au CERG au cours des derniers mois dans le domaine des techniques d'essais et des applications industrielles.

Notre objectif reste toujours de pouvoir vous apporter un service à la fois spécifique et performant, que ce soit dans la continuité de nos activités traditionnelles ou dans des voies connexes nouvelles en utilisant nos compétences et nos moyens.

Nous espérons retenir votre intérêt par les articles de ce numéro et restons à votre disposition pour vous exposer les informations complémentaires que vous pouvez souhaiter.

M. VISCONTI

## SORTIE DE LA NOUVELLE VERSION DE PDCHARGE

**En plus de l'enrichissement de sa bibliothèque de cas de pertes de charge traités, la version 3.01 propose un ensemble de fonctions inédites qui en font un véritable aide à la conception de réseaux.**

PDCHARGE 3.1 est un logiciel de calcul des pertes de charge des composants hydrauliques dans les réseaux ramifiés. Il traite tous les liquides et les gaz incompressibles, et il vous offre l'accès à l'essentiel des pertes de charge classiques rencontrées dans l'industrie.

### Nouveaux modules de calcul

En plus des pertes de charge des conduites droites, des coudes à section circulaire, des diaphragmes, des branchements, des divergents/convergents et robinets/vannes, il calcule les pertes de charge des grilles et plaques à trous, des coudes à section rectangulaire et coudes brusques, des appareils déprimogènes normalisés AFNOR et des pertes de charge personnalisées (entrées/sorties de réservoir, filtres, échangeurs).

### Fonction d'optimisation

Elle permet, pour une perte de charge donnée, d'optimiser le para-

mètre qui vous intéresse (débit, angle, diamètre de conduite, etc...).

### D'autres nouveautés bien utiles

PDCHARGE 3.01 stocke les résultats sur un tableau récapitulatif qui permet de faire la sommation pour chaque branche entière du réseau.

PDCHARGE 3.01 offre encore d'autres fonctions pour une plus grande précision de calcul : prise en compte du matériau et de son état de surface, changement à volonté des unités de mesure, etc...

Le programme travaille sur tout PC et sur imprimante laser, jet d'encre et aiguilles.

*Rapide et précis, PDCHARGE remplace la consultation fastidieuse des tables et abaques et préserve des erreurs.*

*C'est un adjoint ingénieux et chevronné qui vous aidera dans les cas difficiles et qui vous permettra d'optimiser aisément vos réseaux.*

## Sommaire :

- **Editorial** p 1
- **Info produit :** p 2  
Sortie de la version 3.0 de PDCHARGE
- **En vedette :** p 3  
La maintenance prédictive
- **Retombées de nos interventions chez nos clients :** p 3  
BP Engineering  
Intertechnique  
AMECRC  
SAPN
- **On en parle dans la presse :** p 3  
Mise à l'eau du SNLE-NG  
Salon Eurosilence
- **L'agenda CERG des colloques et des salons** p 4
- **Les stages du CERG :** p 4  
Calendrier 94 des sessions de formation
- **A la découverte :** p 5  
Des transducteurs piézo-électriques
- **Une nouvelle installation d'essais** p 5
- **La communication du mois :** p 6  
Les techniques de visualisation : intérêt, description, applications

  
G E C A L S T H O M

# LA MAINTENANCE PREDICTIVE : UNE TECHNIQUE PROMETTEUSE EN PLEINE EXPANSION

La maintenance prédictive est une nouvelle approche de la maintenance qui permet, à partir de mesures sur une machine, de déclencher les opérations d'entretien à bon escient, contrairement aux pratiques classiques consistant à changer les composants à périodes fixes. Voici quelle démarche le CERG propose à ses clients dans ce domaine :

Pour réaliser des actions de maintenance prédictive, le CERG a recours à l'analyse vibratoire qui est une technique privilégiée.

En effet, les niveaux vibratoires sont bien représentatifs de l'état des machines car l'usure des pièces entraîne très souvent une augmentation des vibrations, celles-ci accélérant progressivement la dégradation de la machine.

De plus, même dans un état d'usure précoce, l'analyse vibratoire permet un diagnostic précis quant à l'origine de la dégradation, grâce à l'analyse de Fourier en bandes fines.

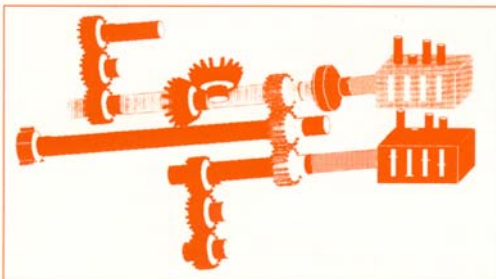
La démarche proposée par le CERG consiste à surveiller l'état de la machine en mesurant ses vibrations suivant les étapes suivantes :

1. une analyse préliminaire et l'établissement d'un état zéro de la machine,
2. des mesures périodiques de contrôle,
3. le traitement et l'analyse de ces contrôles,
4. le bilan périodique et les recommandations de maintenance prédictive.

## L'analyse préliminaire

L'analyse préliminaire commence par une étude sommaire des criticités : on se consacre aux fonctions essentielles de la machine et on écarte les fonctionnalités secondaires qu'il n'est pas rentable de surveiller.

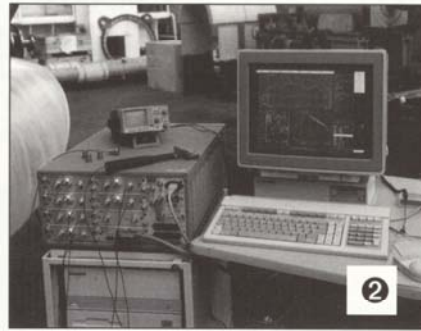
Une analyse cinématique de la machine, étape indispensable au diagnostic, est ensuite effectuée. Le CERG a pour cela conçu un logiciel nommé MACAO (Modélisation et Analyse Cinématique Assistée par Ordinateur). Ce logiciel permet d'entrer



toutes les données géométriques des composants (moteurs électriques, roulements, engrenages, machines alternatives, ...), de les stocker dans une base de données et de générer une image en 3 dimensions de la machine (voir schéma n°1) ainsi qu'un spectre synthétique formé de toutes les raies, harmoniques et bandes latérales, bruits large bande, ... que l'on va pouvoir comparer aux mesures. Cette modélisation est une aide précieuse dès que la machine devient un peu complexe, ou bien que l'on a affaire à un parc de machines relativement important.

## La mesure

Pour la prise des mesures, le CERG dispose de systèmes multivoies (2 à 16) portables sur site (cf photo n°2). Par rapport à un collecteur de données classique, ces systèmes présentent plusieurs avantages comme : une plus grande capacité de points de mesure et de configurations de la machine, une grande souplesse d'utilisation de types de capteurs différents, une grande facilité de gestion des données, des possibilités de traitements étendus et personnalisés. En particulier, le fait de disposer des phases intervoies est important pour les problèmes de balourd, de lignage, etc...



## Le traitement et l'analyse

Parmi les méthodes de traitement du signal disponibles (étape nécessaire à l'analyse des phénomènes), on peut citer les spectres, cepstres<sup>(1)</sup> de signaux filtrés, analyse en enveloppe, analyse temps-fréquence, ... Le traitement est adapté à chaque problème et chaque machine.

Pour les surveillances de roulements, par exemple, on appliquera les techniques classiques d'analyse de Fourier ou d'analyse d'enveloppe.

Pour un compresseur alternatif ou pour un axe d'orientation de robot, on utilisera plutôt un traitement adapté aux signaux stationnaires tel que l'analyse temps-fréquence.

Ainsi, on a pu prédire une panne de boîte de vitesse de machine-outil grâce à l'analyse des bandes latérales de modulation. Sur une presse munie de vérins hydrauliques, c'est l'analyse temps-fréquence qui nous a permis de déterminer la pièce à l'origine des vibrations.

## Une mise en oeuvre qui nécessite compétence et expérience

La mesure et l'analyse sont maintenant utilisées par un grand nombre d'industries, non seulement pour diminuer les coûts de maintenance, mais aussi pour s'assurer du bon fonctionnement d'installations qui, en cas d'arrêt non programmé, ont des incidences sur l'organisation de la production ou sur l'environnement.

Une des difficultés de maîtrise de la technique provient de la définition des seuils de niveaux de vibrations au-delà desquels on préconise l'opération de maintenance. Sur les machines courantes, on connaît les ordres de grandeur, mais la détermination de ces seuils repose généralement sur le retour d'expérience sur de nombreuses machines du même type.

L'intérêt de la démarche proposée par le CERG est qu'elle peut s'appliquer à des machines de série ou à des matériels uniques. Dans les deux cas, l'expérience de l'interpréteur, ses connaissances de base en mécanique vibratoire et en traitement du signal jouent un rôle irremplaçable.

<sup>(1)</sup>: spectres de spectres

## RETOMBÉES DE NOS INTERVENTIONS CHEZ NOS CLIENTS

Le CERG a conçu et réalisé pour le compte de BP ENGINEERING un séparateur de type hydrocyclone à parois tournantes (1) adapté à l'extraction de l'eau des bruts de production.

Dans un premier temps, le fonctionnement de l'appareil a été qualifié au CERG, d'une part par des mesures du champ d'accélération par anémométrie laser, d'autre part en mesurant l'efficacité globale de séparation (fonction des diamètres des gouttes d'eau à extraire). Ces deux campagnes de qualification ont été réalisées sur une boucle d'essais particulière fonctionnant avec du pétrole brut.

L'appareil a ensuite fait l'objet d'essais sur site de production à terre et en mer, où des résultats tout à fait probants ont été obtenus. Par exemple, des teneurs en eau résiduelle

inférieures à 3 % ont été atteintes là où un séparateur gravitaire conventionnel fournissait du brut encore chargé à 22 % d'eau.

(1) Brevet TOTALCFP/NEYRTEC

### Calage d'un code de calcul.

Le développement ou la mise au point d'équipements hydrauliques industriels peuvent être réalisés de plus en plus fréquemment à l'aide de modèles numériques. Ces derniers doivent néanmoins être contrôlés par comparaison avec des données expérimentales. C'est pour aider dans cette démarche la société INTERTECHNIQUE, spécialiste de la circulation des carburants, que le CERG a réalisé une campagne de mesure de champs de vitesse par anémométrie laser sur la maquette d'un composant, de façon à ce que ces mesures puissent être confron-

tées directement à des résultats de calculs.

### Le CERG exporte son know-how en Australie.

Le CERG a été retenu, en collaboration avec GEC ALSTHOM AUSTRALIA, par l'AMECRC (Australian Maritime Engineering Cooperative Research Center) de Launceston (Tasmanie) pour la fourniture d'un tunnel de cavitation. Le CERG fournira le tracé et le process d'ensemble du tunnel qui sera réalisé en Australie sous la maîtrise d'oeuvre de GEC ALSTHOM AUSTRALIA. La mise en service est prévue dans un an environ.

### Un gain de 12 dB sur une presse.

Le bruit d'une presse hydraulique de 400 tonnes livrée par ACB a été réduit de 12 dB, conformément aux prévisions du CERG. L'intervention de l'équipe Bruits et Vibrations s'est traduite par une étude visant la hiérarchisation des différents chemins de propagation (voies solidiennes, aériennes, par les fluides), suivie de recommandations. Le gain a ainsi été essentiellement obtenu grâce à la pose d'un silencieux sur le circuit hydraulique de puissance.

## ON EN PARLE DANS LA PRESSE

Le sous-marin lanceur d'engins de nouvelle génération "Le Triomphant" a été mis à l'eau le 13 juillet 1993.

Tout au long de la conception de ce nouveau bâtiment, le CERG a participé aux études lancées par la DCN pour en faire un sous-marin plus silencieux que tous ses homologues étrangers. Le CERG a, entre autres, été associé aux études de concep-

tion des circuits hydrauliques et à celles relatives à la tenue en immersion du sous-marin en navigation sous houle.

### Salon EUROSILENCE 1993.

La première édition de ce salon, qui s'est tenue du 9 au 11 juin 1993, à Paris a permis au CERG d'accueillir sur son stand de nombreux visiteurs et de nouer d'excellents contacts.

Le CERG a réalisé l'étude d'impact sur l'environnement de l'autoroute A14 (tête Est du tunnel sous la terrasse de Saint Germain en Laye).

Le CERG a été retenu par la Société des Autoroutes Paris Normandie pour étudier la pollution due aux gaz d'échappement sur l'environnement de la tête d'ouvrage.

Il a utilisé une technique éprouvée sur d'autres cas semblables (ventilation, étude de danger, ...) : l'analogie hydraulique sur maquette.

La maquette en relief de 3 m de diamètre est équipée de dispositifs d'émission et d'aspiration qui permettent la simulation des flux sortant ou entrant dans les tunnels, correspondant à différents scénarii de trafic. Elle a été soumise à différentes conditions météo, ce qui permet d'établir les niveaux de concentrations en gaz polluants (CO, NOx, etc..) diffusés dans l'environnement.





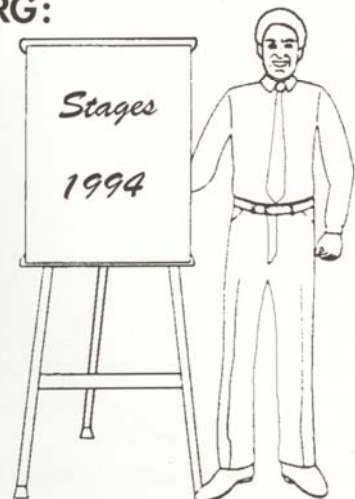
## L'AGENDA "CERG" DES COLLOQUES ET DES SALONS

Date	Nom du colloque	Nom de la communication et des auteurs
21 au 23 septembre 93 à Grenoble	4ème Congrès Français de Génie des Procédés organisé par le Groupement Français de Génie des Procédés	"La similitude hydraulique comme outil de développement d'agitateurs ventilés pour le traitement des coulées" F. BCEUF (ALUSUISSE) - J. WOILLEZ (CERG) "Conception d'hydrocyclones pour la séparation liquide-liquide" J. WOILLEZ (CERG)
12 au 15 octobre 93 à Paris	Salon POLLUTEC	Présence sur stand
Décembre 93 à Cachan	Colloque "Pollution Atmosphérique à l'Echelle Locale et Régionale" organisé par le CNRS	"Application de la méthode de modélisation en tunnels hydrodynamiques à l'étude des problèmes de pollutions urbaines" M. MILHE (CERG)
5 au 7 avril 94 à Tokyo (Japon)	Second International Symposium on Cavitation, organisé par l'Université de Tokyo	"Complete study of a well-improved centerbody venturi" B. GINDROZ (Bassin d'Essais des Carènes) - J.Y. BILLARD (Ecole Navale) - S. LAVIGNE (CERG)

### STAGES D'HYDRAULIQUE DU CENTRE DE FORMATION DU CERG :

#### Nouveau calendrier des cours pour l'année 1994

STAGE	FEVRIER	MARS	JUIN	OCTOBRE	NOVEMBRE	DECEMBRE
H1	07-11		06-10	03-07		05-09
H2					14-18	
H3		21-25		17-21		



Stage H1 : Initiation aux écoulements en charge

Stage H2 : Initiation aux écoulements à surface libre

Stage H3 : Hydraulique des circuits (pompes - coups de bélier - régulation)

Le calendrier vous indique les stages prévus dans les locaux du CERG et à caractère inter-entreprise.

Mais le CERG organise aussi des stages intra-entreprise, avec un emploi du temps adapté à vos besoins.

(Renseignements et inscription auprès de Hélène MALLEVAL)



## DES TRANSDUCTEURS PIEZO-ELECTRIQUES GENERATEURS ET RECEPTEURS D'ONDES

Le CERG a réalisé pour la DRET (Direction des Recherches, Etudes et Techniques de la Délégation Générale pour l'Armement) une étude de faisabilité d'un dispositif, appelé transducteur piézo-électrique, capable d'émettre ou de recevoir des ondes acoustiques dans les tuyauteries.

L'originalité et l'intérêt du dispositif étudié repose sur son intégration complète à la tuyauterie et sur le fait qu'il ne crée donc pas de perturbations dans l'écoulement.

Les applications visées par un tel système sont très variées. Citons l'utilisation pour le contrôle actif du bruit dans les conduites (une application aux conduits d'air étant envisageable), ou bien encore son intégration dans les procédés de traitement des fluides par ondes acoustiques (ultrasons par exemple).

### Une étude en trois phases

L'étude réalisée en association avec l'Ecole Centrale de Lyon s'est déroulée en trois phases : dimensionnement, réalisation et essais du dispositif piézo-électrique.

La première phase de l'étude a consisté en l'établissement de modèles de calcul des fonctions émetteur et récepteur. L'utilisation de ces modèles a permis de déterminer le matériau piézo-électrique le mieux adapté et d'effectuer le dimensionnement du transducteur.

En deuxième phase sont intervenues la conception et la réalisation du transducteur. Le croisement des compétences du CERG et de l'ECL a permis une réalisation d'excellente qualité.

Le transducteur a ensuite été testé sur une boucle d'essais du CERG spécialement conçue pour la caractérisation acoustique d'éléments de circuits hydrauliques et permettant de s'affranchir des perturbations extérieures.

### Des résultats très encourageants

La mesure de la fonction récepteur du transducteur a montré que la sensibilité du capteur était cent fois supérieure à celle des capteurs de pression classique.

En ce qui concerne la fonction émetteur, les niveaux de pression émis par le transducteur sont supérieurs à ceux émis par les sources classiques (l'équivalent de haut-parleurs en paroi) avec une bande passante beaucoup plus large.

Les résultats obtenus sont très prometteurs et laissent à penser que les applications visées pourront être atteintes dans un proche avenir.

### Dictionnaire :

**Transducteur** : dispositif qui transforme une grandeur physique en une autre grandeur physique, fonction de la précédente.

**Piézo-électricité** : propriété caractéristique de certains matériaux présentant un couplage électromécanique se traduisant par l'apparition de charges électriques à la surface du matériau soumis à une contrainte (effet direct) ou inversement par une variation des dimensions de ce matériau quand on leur applique une tension électrique (effet inverse).

### Principe du transducteur piézo-électrique :

Le transducteur, dans son fonctionnement, utilise les deux effets piézo-électriques :

- l'effet piézo-électrique direct en récepteur : la polarisation diélectrique du matériau varie sous l'effet de la contrainte mécanique;
- l'effet piézo-électrique inverse en émetteur : le matériau se déforme quand il est soumis à un champ électrique.

## UNE NOUVELLE INSTALLATION D'ESSAIS AU CERG

**Afin d'élargir ses possibilités d'essais dans le domaine des études par simulation hydraulique, le CERG s'équipe d'une nouvelle cuve d'essais.**

Cette imposante cuve de 18 m<sup>3</sup> (longueur : 4,5 m, largeur : 3 m, hauteur d'eau : 1,3 m) a 3 faces latérales en verre, ce qui en fait un véritable aquarium dans lequel on place le modèle à étudier.

Ce moyen d'essais est alimenté en eau et saumure et permet, en premier lieu, de réaliser une parfaite visualisation (par traceurs ou colorants) des écoulements à étudier, qu'il s'agisse de simulation sur modèle réduit de phénomènes aérodynamiques (ventilation de bâtiment industriel, captage de poussières et fumées, ...) ou hydrauliques (prises d'eau de station de pompage, mélange/brassage, expertises diverses, ...).

Il permet également de réaliser les mesures appropriées (vélocimétrie laser, mesure de concentration et de dilution par colorimétrie ou conductimétrie) nécessaires à l'analyse et l'interprétation des essais.

Cette cuve vient ainsi renforcer le potentiel des moyens d'essais à surface libre du CERG, en complément des canaux à circulation d'eau, et lui permet par ailleurs de réduire ses délais d'intervention à l'intention de ses clients pressés.

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

par courrier à :  
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: INTERET, DESCRIPTION ET APPLICATIONS

«Un petit croquis vaut mieux qu'un long discours». Lequel d'entre nous n'a pas besoin d'un petit dessin pour visualiser un phénomène ou une idée, afin de bien les comprendre. La mécanique des fluides n'échappe pas à cette règle, d'autant plus que les phénomènes étudiés sont souvent très visuels, bien que généralement complexes.

Dans de nombreux cas, la visualisation des lignes de courant dans une expérimentation de mécanique des fluides apporte une quantité importante d'information qualitative sur le phénomène en jeu. Par exemple, un décollement tourbillonnaire, source de bruit et de perte de charge, peut être aisément mis en évidence.

Une intervention CERG peut se circonscrire à la seule visualisation d'écoulement. Dans d'autres cas, la visualisation est la première étape d'une étude, permettant d'établir un diagnostic.

La majorité des fluides mis en jeu au centre d'essais du CERG sont optiquement homogènes.

Il faut donc tout d'abord avoir recours à des techniques de mise en évidence des écoulements et à des techniques d'éclairage; ici interviennent l'expérience et le savoir-faire.

Il faut ensuite choisir les méthodes de prise de vue et de stockage des images, ainsi que leur procédure d'exploitation (nous sommes ici dans le domaine de la technologie et du choix des investissements).

Les différents points qui seront abordés sur ce thème au fil des numéros de la Technique des Fluides sont les suivants :

1. La mise en évidence des écoulements
2. Les techniques d'éclairage
3. La prise de vue photographique
4. La vidéo
5. Le cinéma rapide
6. Le cas des machines tournantes
7. Le dépouillement des images
8. Les développements nouveaux.

## 1. La mise en évidence des écoulements

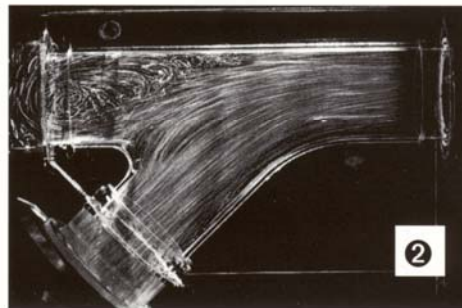
Au CERG, nous utilisons principalement l'eau, qui, par sa transparence, se prête particulièrement aux visualisations. Dans le domaine pétrolier, ou dans celui de la métallurgie, la première étape de l'étude consiste à rechercher un liquide transparent présentant les caracté-

ristiques dynamiques en similitude du fluide à étudier (densité, viscosité, ...).

- Dans le cas de l'étude de procédés de mélange ou de l'étude de dispersion de fumées (études de pollution atmosphérique en similitude hydraulique par exemple comme sur la photo n°1), un des deux fluides est coloré (celui qui va représenter le gaz pollué ou une des matières à mélanger) pour en observer le mélange ou la dispersion.



- Dans le cas de l'étude d'écoulement dans les composants industriels, et d'études d'hydrodynamique, où l'on veut visualiser les lignes de courant à l'intérieur d'un modèle ou autour d'une forme, il faut matérialiser les lignes de cou-



rant.

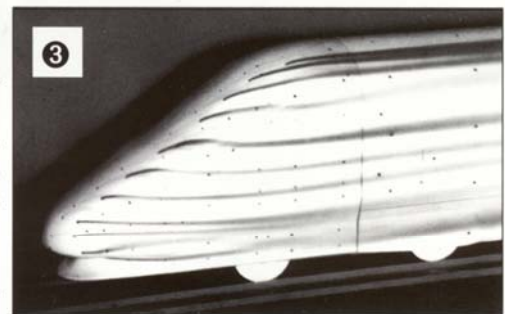
Deux techniques sont couramment utilisées.

- La première consiste à ensemencher l'écoulement avec des particules qui seront entraînées par le fluide et qui suivront ses mouvements. Le choix de particules est délicat : il faut qu'elles soient suffisamment grosses pour être bien visibles et suffisamment petites pour suivre fidèlement les mouvements du fluide. D'autre part, leur densité doit être la plus proche possible de celle du fluide pour qu'elles

ne sédimentent ni ne flottent naturellement. On procède ensuite à des prises de vues photographiques avec des temps de pose suffisamment longs pour

que le bougé des particules laisse des filets sur le film, image de leurs trajectoires et donc des lignes de courant (cf photo n°2).

La deuxième technique, utilisée surtout en hydrodynamique, consiste à injecter localement sur la maquette des filets d'eau colorée (cf photo n°3). Ceci permet de visualiser les écoulements très près des formes étudiées (en couche limite) et permet de s'affranchir des problèmes de taille et de densité de particules. Il faudra être par contre très vigilant sur la pression d'injection du liquide coloré afin de ne pas créer un jet perturbant le phénomène étudié. On peut effectuer alors des prises de vues en instantané.



Dans le prochain numéro de la technique des fluides, nous détaillerons les points suivants (techniques d'éclairage, prise de vue, etc...).