

LA TECHNIQUE DES FLUIDES

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

Mars 1996 - n°8

EDITORIAL

Le CERG est, depuis plus de 20 ans, dispensateur de formation en hydraulique au travers de son Centre de Formation.

Cette formation couvre différents domaines de l'hydraulique industrielle : écoulements en charge ou à surface libre, pompes, coups de bélier, ...

Elle assure l'initiation, la mise à niveau ou le perfectionnement de techniciens et ingénieurs de bureaux d'études, ingénieries ou entreprises des grands secteurs comme la distribution ou l'assainissement de l'eau, l'irrigation, la production d'énergie, la fabrication d'équipements hydrauliques, les industries de process (sidérurgie, chimie, ...).

On peut s'interroger sur les motivations de cette demande de formation professionnelle continue à un prestataire dont ce n'est pas la vocation première et sur l'intérêt du CERG d'y répondre.

En fait, les entreprises ont un besoin de formation efficace pour améliorer les connaissances de leurs employés et permettre leur recyclage permanent face à l'évolution de plus en plus rapide des technologies et de l'organisation du travail.

Le CERG y répond, dans son domaine de compétence, en proposant une formation adaptée à la demande, avec l'appui d'une équipe d'ingénieurs spécialistes et d'équipements de démonstration performants.

Enfin, les stages sont un moyen de lier des relations privilégiées entre le CERG et ses clients potentiels.

Sans aller plus avant dans l'analyse, on peut mentionner, en manière de conclusion, le résultat de la dernière enquête de satisfaction qui donne 98% de participants déclarant leur stage "Très Bien" ou "Bien".

M. VISCONTI

L'ANALYSE TEMPS-FREQUENCE

Le CERG a participé à la journée thématique "Ondelettes et traitement du signal" des Rencontres sur l'Analyse Temps-Fréquence organisées par Sciences et Développement à Marseille en décembre 1995.

Le CERG a exposé, devant un auditoire fourni et intéressé, de nombreux exemples de diagnostic vibratoire pour lesquels l'apport de l'analyse temps-fréquence a été déterminant.

En particulier, dans le cas d'une

presse hydraulique bruyante, l'étude de l'évolution de la fréquence au cours du temps a permis d'orienter le diagnostic vers un phénomène d'oscillation des volumes d'huile dans les vérins. Elle a aussi permis d'écarter d'autres hypothèses d'arc-boutement mécanique ou de génération par le système de contrôle-commande, ou encore de résonance oléo-acoustique de cavité. D'autres applications concernent les phénomènes de broutage de garnitures mécaniques de frein à

Sommaire :

- Editorial p 1
- L'analyse temps-fréquence p 1
- La conception de dégazeurs p 2
- En bref p 3
KRISO, cavitation, Bancs didactiques
- Projecteur sur... p 3
Organisation commerciale, nouvelle plaquette
- Les turbomachines p 4
- Amélioration sur maquette d'un système de désulfuration des fumées p 5
- Mise au point d'un capteur optique pour mesure de concentration d'effluents p 6

disque, les études de systèmes asservis, l'analyse des composantes fréquentielles de chocs.

L'analyse temps-fréquence s'applique à une grande variété de phénomènes. Les exemples présentés par le CERG voisinaient avec des applications dans les domaines de la compression de données, de la radioastronomie et de la modélisation de couches limites turbulentes.

Dans le domaine des bruits et vibrations, elle n'a pas fini d'éclairer les phénomènes sous un jour nouveau.

LA CONCEPTION DE DEGAZEURS

Le CERG vient de mettre en route un dégazeur d'une capacité de traitement de 230 m³/h. Ce dégazeur est destiné à extraire l'air dissous dans les 1000 m³ de la cuve d'essais hydroballistiques réalisée par AEROSPATIALE sur le site du Bassin d'Essais des Carènes de Val de Reuil.

Pourquoi dégazer ?

Pour ce grand moyen d'essais utilisant de l'eau déminéralisée sous vide partiel, l'intérêt du dégazage porte sur les points suivants :

- la transparence de l'eau ne doit pas être perturbée par la présence de bulles au sein du fluide ou sur les hublots des caméras de visualisation,
- la similitude de cavitation n'est pas correcte si un taux d'air dissous trop élevé entraîne un dégazage parasite lors d'essais réalisés à une pression inférieure à la situation du réel.

Pour d'autres applications, l'intérêt du dégazage réside dans l'élimination du gaz carbonique ou de l'oxygène. Ces deux gaz peuvent favoriser la prolifération des algues microscopiques et d'autres micro-organismes et le dégazage favorise le maintien de la bonne qualité de l'eau.

Quels sont les phénomènes physiques en jeu ?

Chacun a pu observer le phénomène de dégazage en regardant les bulles d'un verre de champagne ou d'un verre de bière. De très petites bulles sont collées à la paroi et grossissent avant de remonter à la surface.

Le passage du gaz dissous vers les bulles se fait proportionnellement à la surface d'échange et à l'écart entre la pression du liquide et la pression qu'avait le liquide

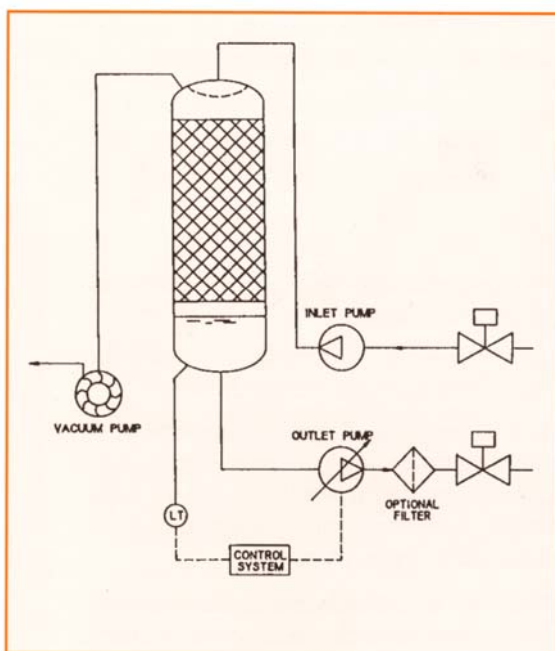


Schéma de principe du système de dégazage

lors de la dissolution du gaz. Pour favoriser le dégazage, on doit donc augmenter la surface d'échange ou réduire la pression.

Le dégazeur en ligne

Dans ce type de dégazeur en forme de colonne, le fluide entrant est traité au bout de 10 secondes de temps de séjour. La réduction de pression est obtenue par une pompe à vide à anneau liquide.

L'augmentation de la surface d'échange est réalisée à l'aide du remplissage de la colonne avec des anneaux de plastique.

L'extraction du gaz est assurée par la pompe à vide. Une régulation gère les différents paramètres (pression, niveau, débit,...).

Le dégazeur in situ

Dans ce cas, on introduit au sein de l'enceinte à dégazer un dispositif spécial générant une très grande surface d'échange à partir de microbulles de gaz.

Le CERG a ainsi pu réaliser le traitement de l'eau du Grand Tunnel Hydrodynamique de Val de Reuil (3000 m³/h) en utilisant ce principe.

Dans les deux types d'applications indiquées ci-dessus, le CERG peut assurer la conception du dégazeur, la réalisation des éléments spécifiques ou la fourniture complète de l'installation, ainsi que les essais de performance.

Applications dérivées

Pour certains process (oxygénation, chloration, ...), il est parfois nécessaire de dissoudre du gaz dans un liquide.

On notera donc qu'on peut utiliser le même principe que celui présenté ici pour augmenter la surface d'échange par injection de microbulles.



Ce type de réalisation convient pour une gamme typique de débit de 10 à 300 m³/h

EN BREF ... EN BREF ... EN BREF ...

Intérêt de la Corée du Sud envers les réalisations du CERG

Le CERG a reçu en décembre 1995 la visite de M. le Docteur S.H. VAN, du Korea Research Institute of Ships and Ocean Engineering (KRISO).

Le KRISO a en projet l'extension de ses moyens d'essais avec la réalisation d'un tunnel hydrodynamique de grande capacité ou d'un bassin d'essais de carènes à hautes performances. Les références du CERG dans le domaine des moyens d'essais ont vivement intéressé le Dr VAN.

Suite à cette visite, GEC ALSTHOM ACB a communiqué au KRISO les informations techniques et budgétaires lui permettant d'affiner ses projets et se tient prêt à poursuivre la collaboration avec le KRISO jusqu'à la réalisation de ce nouveau moyen d'essais.

Bancs didactiques

Le CERG a une importante activité de formation dans le domaine de l'hydraulique. A ce titre, des bancs didactiques ont été développés pour ses besoins propres et sont actuellement proposés en fourniture pour les Ecoles, Lycées, Universités, IUT ou centres de formations intra entreprises. Au cours du dernier trimestre, le CERG a ainsi livré un banc "Pertes de Charge" et deux bancs "Pompes" à une école d'ingénieurs. Il vient de fournir un banc "Surface Libre" à un centre de formation d'entreprise.

Ces bancs sont conçus pour permettre aux élèves et stagiaires d'appliquer les notions théoriques, enseignées par ailleurs, sur des moyens de travaux pratiques très proches des installations industrielles qu'ils auront à utiliser par la suite.

Les collaborations externes du CERG sur le thème de la cavitation

Le CERG collabore depuis de nombreuses années avec les enseignants et les chercheurs des universités ou du CNRS, en particulier dans le domaine de la cavitation.

Il a étudié et commercialisé un système de mesure des caractéristiques des germes de cavitation dans les liquides (VAG) et a récemment participé au jury d'une thèse sur le sujet.

Les essais menés au CERG pour l'étude de la cavitation d'entrefer sont analysés en partenariat avec des spécialistes des écoulements tourbillonnaires du CNRS.

Une thèse a été réalisée au CERG dans le cadre d'un contrat BRITE-EURAM afin de définir une méthodologie de prédiction de l'érosion par cavitation apparaissant dans les machines hydrauliques. Ce dernier sujet a été l'objet de nombreux échanges avec les laboratoires du CNRS travaillant également dans ce domaine.

Lors d'un prochain numéro de la Technique des Fluides, un article sera consacré à cette étude.

Par cette démarche de collaboration, le CERG éprouve et améliore ses compétences scientifiques et techniques afin de les mettre en oeuvre de la manière la plus fiable possible dans le domaine industriel.

PROJECTEUR SUR ...

Présentation générale du CERG

La nouvelle plaquette de présentation générale du CERG vient de sortir (disponible sur demande).

Document de synthèse, son élaboration a été l'occasion de faire le point sur les métiers et les compétences du Centre :

Vocation du CERG :

- Réaliser des prestations de recherche appliquée en mécanique des fluides et en bruits et vibrations.
- Concevoir et fournir des équipements.

Activités :

- Etude, conseil, développement : maîtrise de l'écoulement des fluides, génie des procédés, environnement atmosphérique, bruits et vibrations.
- Fourniture : prototypes, équipements d'essais, instrumentation spécialisée.

Moyens d'investigation :

- Expérimentation physique : équipements de hautes performances sur 3600 m² de halls couverts.
- Simulation numérique : moyens de calculs en dynamique des fluides.

Organisation commerciale

Pour s'adapter à son environnement et répondre du mieux possible aux attentes de ses clients et partenaires, le CERG a mis en place une structure commerciale articulée autour de trois personnes (Max MILHE et René PERRET, responsables commerciaux; Christine MARTI, en charge du marketing et de la communication).

Cette structure, en liaison avec quatre Groupes Opérationnels (Procédés Industriels, Bruits et Vibrations, Aéro et Hydrodynamique, Moyens d'Essais et Instrumentation), définit et réalise entre autres les actions commerciales et d'information pour promouvoir les compétences du CERG, pour faire connaître ses domaines d'activités, ses nouveaux produits, l'évolution de ses techniques et de ses moyens...

Elle propose aussi des actions de recherche et développement en relation avec de nouveaux produits ou techniques et de partenariat sur des sujets spécifiques.

Rencontres internationales ... sur l'érosion de cavitation

Le 14 mars 1996, le CERG a accueilli les participants au workshop franco-japonais organisé à Grenoble par le LEGI-IMG sur le thème de l'érosion de cavitation.

Le CERG a présenté à un groupe de visiteurs, comprenant principalement 6 enseignants japonais des universités de Tokyo, Sendai et Fukui, ses installations d'essais en érosion de cavitation, tout particulièrement le CAVERSIM (Cavitation Erosion Simulator) conçu et réalisé en interne.

LES TURBOMACHINES

Le CERG vient de livrer des turbines hydrauliques très compactes à faible niveau vibratoire, destinées à être utilisées dans une transmission de puissance comme moteur d'entraînement d'hélices pour essais sur maquette.

Historiquement, l'activité turbomachine du CERG est issue de la diversification, dans les années 60, des recherches du laboratoire de NEYRPIC dans le domaine des turbines hydrauliques de puissance.

Depuis 1971, le CERG s'intéresse aux turbomachines spéciales: turbines de forage, pompes de transfert (axiales, centrifuges, multiétagées, ...), propulseurs, agitateurs, ventilateurs, pompes à vide à anneau liquide, cyclones tournants, convertisseurs de couple ...

La richesse des études réalisées est caractérisée :

- par la diversité des fluides étudiés (eau, air, vapeur, pétrole, huile, boue de forage),
- par la nature des travaux (conception, amélioration, expertise, mesure de performances),
- par les compétences mises en jeu (cavitation et érosion, analyse des écoulements par sondes ou vélocimétrie laser, mesure des pressions fluctuantes et des vibrations, analyse modale, équilibrage in situ, amélioration des écoulements amont ou aval).

Le CERG vous propose ce premier article de présentation générale des moyens d'études mis en oeuvre dans cette activité.

De prochains articles seront consacrés à des exemples de réalisations complètes comme :

- motorisations compactes
- cyclones tournants pour la séparation des phases
- pompes de transfert utilisables sur quatre quadrants
- études d'installation de turbines à gaz.

1. Calcul numérique

La simulation numérique est le premier outil permettant de dimensionner les turbomachines pour un objectif de performances donné, d'évaluer les risques de cavitation, l'évolution des couches limites sur les parois et les pertes au sein

du fluide.

Le CERG utilise différents codes de calcul :

- calcul aube à aube
- calcul S1-S2
- calcul en fluide réel avec le logiciel FIDAP.

Les définitions géométriques complètement numérisées des tracés permettent ensuite la fabrication par usinage à commande numérique.

2. Réalisation de prototypes ou de modèles d'essais

Le bureau d'études du CERG a une expérience importante dans les domaines liés à la réalisation des turbomachines :

- usinage à commande numérique
- pivoireries hydrodynamiques lubrifiées par le fluide
- étanchéité
- matériaux résistants à la corrosion et à l'érosion.

Le CERG peut réaliser ainsi à l'unité les modèles d'essais et toute machine prototype ou spéciale non cataloguée par les fournisseurs habituels.

3. Essais sur plate-forme

Le CERG possède un centre d'essais équipé de moyens permettant de tester des turbomachines sur une large gamme de puissance :

- pompes industrielles jusqu'à 450 kW, 1 m³/s sur la plate-forme Pompes
- pompes silencieuses sur banc spécifique
- turbines jusqu'à 100 kW sur banc spécial

- hélices et propulseurs (diamètre ≈ 300 mm) sur tunnel hydrodynamique TH8 de 8 m³/s.

Les moyens de mesure sont adaptés à ces modèles ou prototypes :

- mesures de débit, pression, profils de vitesse, vibrations, bruits,...
- visualisation d'écoulements,
- détection de cavitation,
- mesures de performances.

4. Essais sur site

Le CERG peut également intervenir sur site pour assurer des prestations dans différents domaines :

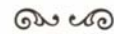
- équilibrage in situ
- expertise de cavitation et de bruit
- mesures de performance

5. Formation

Les stages de formation à l'hydraulique du CERG incluent des cours spéciaux sur le fonctionnement et la mise en oeuvre des pompes. Le CERG réalise aussi des bancs didactiques pour illustrer le fonctionnement de ce type de machine.

6. Exploitation des turbomachines

Le CERG utilise et commercialise un programme, appelé CDBELIER, de calcul des régimes de fonctionnement instationnaires des turbomachines avec prise en compte du fonctionnement dans les quatre quadrants.



La Technique des Fluides vous donne rendez-vous dans six mois pour vous parler des motorisations compactes.

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**

AMELIORATION SUR MAQUETTE D'UN SYSTEME DE DESULFURATION DES FUMÉES

Introduction

Ce document est le résumé de la communication présentée au congrès européen sur l'Énergie et l'Environnement en décembre 1995. Il concerne l'étude de l'amélioration sur maquette hydraulique du dispositif de désulfuration des fumées par injection de chaux dans le foyer de la chaudière à chauffe tangentielle de la centrale de Provence.

Les réactions chimiques mises en œuvre dans le foyer sont des réactions de décarbonatation du calcaire ($\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$) et de déshydratation de la chaux ($\text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{CaO} + \text{H}_2\text{O}$) contribuant à la formation de chaux vive (CaO), très réactive avec le dioxyde de soufre ($\text{CaO} + \text{SO}_2 + 1/2 \text{O}_2 \rightarrow \text{CaSO}_4$).

Pour obtenir une bonne efficacité de la désulfuration, il est préalablement indispensable d'optimiser le mélange entre l'agent désulfurant injecté et les fumées : cette optimisation a été réalisée sur maquette hydraulique par le CERG.

Modélisation hydraulique

Au point de vue physique, les phénomènes mis en jeu sont des phénomènes de pénétration de jet et de diffusion par écoulement à forte turbulence.

La complexité des écoulements de mélange dans une telle configuration et la nécessité de lier la qualité des réponses à des détails constructifs de faibles dimensions par rapport aux dimensions du foyer, nécessitent l'utilisation d'une simulation sur maquette.

De très nombreuses études ont montré que l'analyse des mélanges d'écoulements gazeux, contenant ou non des poussières, était abordable expérimentalement sur maquette en similitude hydraulique.

Cette technique présente plusieurs avantages :

- qualité des visualisations des phénomènes par colorant ou particules en suspension,

- facilité de mesure des concentrations,
- facilité de représentation d'effets de densité,
- meilleure représentation des régimes de turbulence (nombre de Reynolds) du fait de la viscosité cinématique de l'eau, 15 fois plus faible que celle de l'air.

La maquette représente toute la partie inférieure de la chaudière depuis le cendrier jusqu'au niveau des échangeurs. Elle a été réalisée en matériaux transparents pour faciliter les observations.

Cette maquette a été insérée sur l'une des installations du CERG.

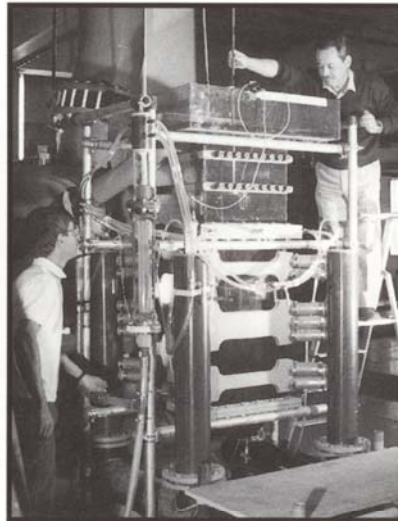


Figure 1 : maquette au 1/40

Différentes analyses sont réalisées pour les différentes configurations étudiées : la visualisation et l'observation des écoulements montrant la qualité ou l'insuffisance de mélange de la chaux avec les fumées, la mesure de concentrations sur prises d'échantillons et la mesure des vitesses dans différentes sections de l'écoulement pour établir les bilans et quantifier l'homogénéité de la dispersion de l'agent désulfurant.

Les prélèvements d'échantillons sont réalisés en plus de 80 points fixes dans plusieurs sections de l'écoulement, complétés par des prélèvements ponctuels à la demande. Les dosages au spectrophotomètre

permettent de déterminer la carte des concentrations dans chaque section du foyer et l'évolution moyenne des concentrations en partant de la périphérie vers le centre du foyer (figure 2).

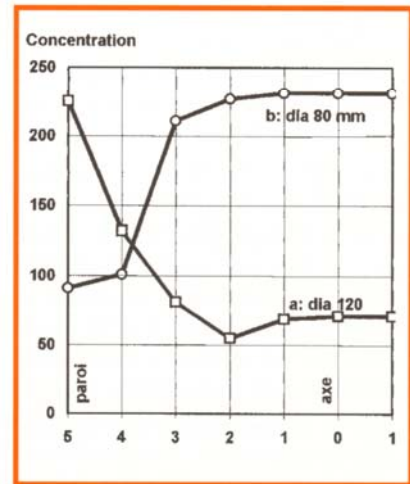


Figure 2 : Demi-profil transversal de répartition de la chaux dans le foyer, dans deux variantes d'injection

Résultats, conclusions

Les essais ont été réalisés avec différents brûleurs en service, en faisant varier la position, l'orientation, le diamètre des buses, la vitesse d'injection et la présence ou non d'air secondaire autour des injections de chaux.

La répartition moyenne transversale des concentrations est établie pour chaque configuration testée, elle caractérise la pénétration de la chaux vers le centre du foyer.

La difficulté est d'atteindre des concentrations résiduelles suffisantes en chaux dans la partie centrale du foyer pour désulfurer correctement la totalité des fumées : l'optimisation des conditions géométriques et aérodynamiques de l'injection a permis d'atteindre cet objectif (courbe b, figure 2).

En première approximation, du point de vue économique, un gain de consommation de l'ordre de 1,5 t/h de chaux a été obtenu, soit une économie d'environ 2,4 millions de francs par an.

MISE AU POINT D'UN CAPTEUR OPTIQUE POUR LA MESURE SUR MAQUETTE DE CONCENTRATION EN EFFLUENTS

Objectifs de la méthode

Dans un nombre important d'études expérimentales réalisées au CERG (mélange, séparation, écoulements et pollutions atmosphériques, ventilation de locaux ou de postes de travail...), il est nécessaire de mesurer la concentration des substances mises en jeu. Ces substances, grâce à l'utilisation de similitudes appropriées, permettent d'appréhender sur l'installation expérimentale le comportement des produits réels à étudier. Les valeurs obtenues pour ces concentrations permettent alors de dimensionner, optimiser ou valider le fonctionnement des process étudiés. La méthode de mesure dont il est ici question est dévolue à ce type d'études, dans le but d'en améliorer l'exécution.

Du point de vue expérimental, l'emploi fréquent au CERG de l'analogie hydraulique (représentation d'écoulements de fluides réels -gaz ou liquides- par des écoulements d'eau sur maquette) fait généralement appel à des mesures de concentration. Ces mesures nécessitent de réaliser des prélèvements in situ suivis d'une analyse spécifique au type de substance employée. Cette substance joue le rôle du traceur, du polluant ou du produit correspondant au process étudié. L'analyse fait alors intervenir des méthodes de mesure de type conductimétrique, colorimétrique, massique ou chimique. D'autres types de méthodes relativement plus complexes, faisant appel à des réactions chimiques in situ, permettent de supprimer la phase de prélèvement qui représente une étape expérimentale souvent lourde lorsqu'il s'agit de réaliser des cartographies précises des maquettes de grande taille ; la com-

plexité du modèle alourdit très rapidement cette phase.

La mise au point d'une méthode de mesure alternative vise, en particulier, à supprimer cette étape expérimentale.

En parallèle aux mesures de concentration, des possibilités importantes de visualisation sont nécessaires dans ce type d'étude. On ajoute donc généralement un colorant aux substances dont on analyse la concentration. Parmi les colorants couramment employés, la fluorescéine et la rhodamine B présentent des propriétés de fluorescence, c'est-à-dire qu'elles émettent de la lumière avec une (ou des) longueur(s) d'onde bien précise(s) lorsqu'elles sont éclairées par une source lumineuse possédant une raie particulière, propre à la substance fluorescente employée.

Le principe de la mesure de concentration d'un traceur fluorescent est bien connu et l'idée retenue est de l'adapter aux types d'expérimentations réalisées au CERG pour pratiquer la mesure in situ. Dans ce but, une collaboration a été

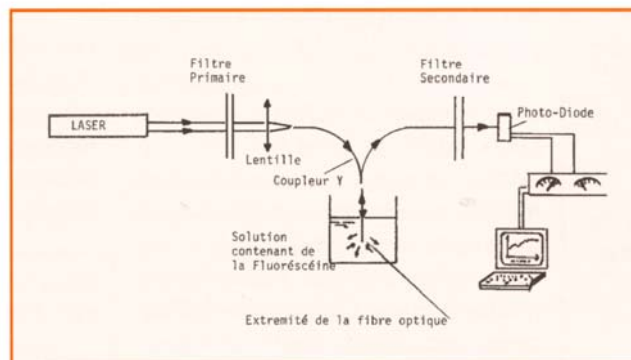
Principe de la méthode

Le principe de fonctionnement de cette méthode de mesure est le suivant : de la lumière émise par une source laser judicieusement choisie en terme de longueur d'onde est guidée par une fibre optique. Elle traverse un filtre primaire permettant la sélection de la partie du spectre susceptible de déclencher la fluorescence. La sonde optique véhicule la lumière vers les zones de la maquette où la mesure doit être effectuée. La lumière réémise est alors véhiculée par la même fibre optique munie d'un coupleur en Y permettant la récupération du signal de retour pour le faire passer au travers d'un filtre secondaire destiné à sélectionner les longueurs d'onde liées à la fluorescence. Le signal est ensuite transformé en signal électrique par le biais d'une photodiode et d'une électronique adaptée. Le montage réalisé est détaillé sur le schéma ci-contre.

Ce capteur associe ainsi les possibilités d'effectuer les mesures dans des zones difficiles d'accès (maquettes complexes), de piloter simplement les mesures et les acquisitions par micro-ordinateur et de suivre l'évolution en temps réel de la concentration in situ.

Un prototype complet a été construit. Les essais pour tester le capteur et la chaîne électro-optique vis-à-vis de l'ensemble des problèmes auxquels il peut se trouver confronté, ont été réalisés. La qualification

en termes de performances a également été effectuée. Une campagne de mesures en situation réelle, dont les résultats ont été comparés aux mesures réalisées avec une méthode par prélèvements, a confirmé la validité de ce système.



établie avec l'équipe Ecoulements Diphasiques du LEGI (Laboratoire des Ecoulements Géophysiques et Industriels, Saint Martin d'Hères) qui possède en particulier une bonne maîtrise des techniques optiques nécessaires à la mise au point d'un tel système de mesure.