

# LA TECHNIQUE DES FLUIDES

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

Mars 1993 - n°2

## EDITORIAL

Les marques d'intérêt que vous nous avez témoignées à l'occasion du premier numéro nous laissent à penser qu'au-delà de l'information, cette lettre est un maillon de la communication que nous souhaitons entretenir avec vous et poursuivre avec ce deuxième numéro.

La conjoncture difficile actuelle conduit chaque acteur du monde économique à réfléchir sur les axes stratégiques à renforcer ou à développer avec les meilleures chances de réussite. Ceci commence pour nous par les études de définition, d'amélioration ou de validation concernant les process ou les produits que vous développez. Nous souhaitons pouvoir vous apporter pour cela nos compétences et notre expérience, en utilisant en particulier tout le potentiel et la richesse de la simulation, qu'elle soit physique ou numérique.

En espérant que la présentation succincte qui en est faite en page 2 vous ouvrira des perspectives d'application, nous restons à votre disposition pour vous présenter les démonstrations que vous souhaiteriez et vous conseiller.

A bientôt.

M. VISCONTI

## L'EQUIPE "BRUITS ET VIBRATIONS" DU CERG S'AGRANDIT.

Depuis le 1er janvier de cette année, les activités d'études de bruits et vibrations de notre maison-mère ACB ont été rattachées au CERG. Le CERG élargit ainsi ses compétences et accroît ses moyens de mesure et de traitement.

Aux prestations habituellement proposées - aide à la conception de produits nouveaux ou aide au diagnostic et à l'amélioration de produits existants - vient s'ajouter un volet relatif à la maintenance préventive des machines.

Pour cela, le CERG s'appuie sur l'expérience acquise depuis quelques années dans la maintenance appliquée aux moyens de production et aux différentes fabrications d'ACB (presses hydrauliques, réducteurs, lignes d'arbre).

De son côté, le parc des moyens de mesure du CERG s'enrichit entre

autres d'une chaîne de mesure et de traitement du signal LMS, équipée de 16 voies d'acquisition. Ce moyen est particulièrement performant pour réaliser des mesures d'intensimétrie acoustique ou effectuer des analyses modales de structure.

Fort de cet apport et de l'appui complémentaire des moyens de calcul en mécanique et vibrations d'ACB à Nantes, le CERG est désormais armé pour répondre à une gamme étendue de problèmes de bruit et vibrations par le calcul ou l'expérimentation.

### Sommaire :

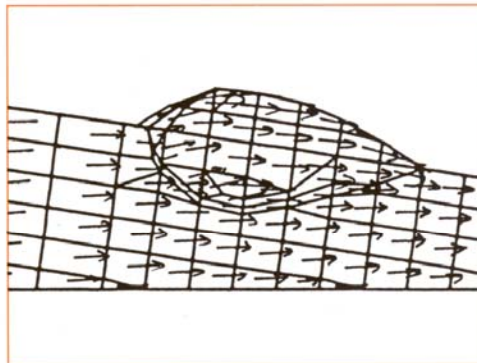
- **Editorial** p 1
- **Info. produit :** p 1  
L'équipe Bruits et Vibrations s'agrandit
- **Le débat :** p 2  
Simulation numérique ou physique : quels choix pour quels résultats?
- **Retombées de nos interventions chez nos clients :** p 3  
Deutsche Airbus  
Industrie nucléaire  
Santos
- **On en parle dans la presse :** p 3  
Sollac  
TGV du Futur  
TGV pour la Corée  
Tunnel SNCF transalpin
- **Bancs didactiques** p 4
- **L'agenda des colloques et des salons** p 5
- **Stages du CERG :** p 5  
Le point sur le stage H1
- **En vedette :** p 5  
Instrumentation
- **La communication du mois :** p 6  
Les décanteurs-coalesceurs.

## SIMULATION NUMERIQUE OU PHYSIQUE : QUELS CHOIX POUR QUELS RESULTATS ?

Les équations de la mécanique des fluides sont bien connues pour être fortement non-linéaires et, par conséquent, très complexes à résoudre numériquement. Aussi, les problèmes industriels impliquant des écoulements fluides ont-ils été longtemps résolus par le biais d'essais en laboratoire sur des modèles physiques à échelle réduite ou sur des prototypes de machines. L'apparition des calculateurs électroniques, dans les années 60, a conduit à développer les premiers modèles numériques. La croissance quasi-exponentielle des capacités de calcul et la diminution permanente des coûts ont favorisé cette nouvelle voie en mécanique des fluides, comme dans les autres disciplines. Par ailleurs, dépassant le domaine de la recherche, il est apparu sur le marché, dans les années 80, des codes de calcul spécialisés de grande capacité dont les qualités de convivialité, illustrées par des cas de démonstration séduisants et persuasifs, ont conquis une population d'ingénieurs confrontés à des problèmes industriels appliqués.

Le CERG, disposant à la fois de codes de calcul et de moyens de simulation sur modèles physiques, est régulièrement confronté au choix de mise en oeuvre de l'une ou l'autre méthode en fonction des contextes d'études. A chaque fois se pose l'alternative : «quels choix pour quels résultats et à quel prix ?».

Dans tous les cas, la simulation d'un phénomène nécessite d'en faire une analyse préalable complète et de bien identifier les lois physiques en cause. En effet, la simulation, qu'elle soit physique ou numérique, impose de bien connaître les conditions initiales et aux limites et de justifier les hypothèses simplificatrices que l'on sera amené à faire, pour garantir la validité du résultat final.



**La simulation des écoulements par des méthodes numériques** présente certains avantages déterminants :

- Elle permet aujourd'hui de faire des calculs en fluide réel, en particulier avec des conditions de température et de pression élevées difficilement reproductibles sur modèle physique (par exemple : écoulements en fond de puits pétroliers, coulées de métal), sans parler des conditions qu'on ne sait reproduire facilement comme la micro-gravité ou les rhéologies complexes.
- Elle permet de calculer les champs de vitesse, pression et température en tout point du maillage, alors que les mesures sur modèle physique sont limitées en nombre de points et parfois délicates à réaliser.
- Elle permet de réaliser les calculs d'écoulements pour les conditions réelles de vitesse et de dimension (écoulements autour de bâtiments, de véhicules, de navires, ...) là où le modèle physique à échelle réduite conduit à diminuer la valeur des paramètres adimensionnels comme le nombre de Reynolds.

Mais il faut savoir que la convergence des algorithmes numériques devient de plus en plus lente et diminue en fiabilité pour les grands nombres de Reynolds (supérieurs à  $10^6$ - $10^7$ ), introduisant des instabilités ou "viscosités numériques" qui perturbent le calcul et peuvent altérer les résultats.

L'utilisation des codes de calcul est par ailleurs tributaire d'autres contraintes :

- Elle nécessite la connaissance précise du système d'équations à résoudre. Or, dans bien des cas (écoulements turbulents, cavitants ou diphasiques, milieux poreux,...), ce système est soit mal connu, soit incomplet. On est alors conduit, le plus souvent, à recourir à des modèles physiques plus ou moins élaborés permettant de valider le modèle numérique et de détecter les éventuelles anomalies d'écoulement à corriger pour caler correctement le calcul.
- Enfin les résultats du modèle numérique dépendent étroitement des schémas de discrétisation adoptés pour résoudre les équations. Le choix du maillage définitif suppose une bonne connaissance de la physique de l'écoulement étudié. Cette connaissance s'acquiert avec l'expérience de l'opérateur ou une expérimentation sur modèle. Une plus grande finesse du maillage améliorent la qualité et la fiabilité des résultats mais augmentent la puissance et le temps de calcul nécessaires, ce qui limite le potentiel de traitement notamment des géométries complexes par la simulation numérique.

**La modélisation physique** garde ainsi toujours des avantages de permettant en parti-

culier en prendre en compte, de façon intrinsèque, les lois physiques régissant le comportement des fluides et de traiter des géométries complexes, à condition de respecter les lois et les limites de la similitude, ce qui permet ensuite de transposer au réel les résultats obtenus sur maquette.

Finalement, il apparaît que **modélisation physique** et **modélisation numérique** constituent deux approches complémentaires : l'expérience guide le calcul (calage, validations, conditions aux limites) et le calcul guide l'expérience (réduction du plan d'expérience). Mais leur utilisation conjointe n'est pas toujours possible pour des raisons de coût.

Ce dernier facteur, souvent décisif, permet d'orienter le choix :

- **Les méthodes numériques** reposent sur des coûts d'investissement relativement faibles au départ mais rapidement renouvelables. Les formations d'ingénieur actuelles sont par ailleurs bien adaptées au besoin et le personnel peut être rapidement opérationnel. Par contre, réaliser des mesures sur modèle physique nécessite des moyens d'investigation plus lourds au départ, une préparation minutieuse et des opérateurs expérimentés.

(Suite page 3)



## RETOMBÉES DE NOS INTERVENTIONS CHEZ NOS CLIENTS

**ACB a livré au début de 1993 la plus grande presse à étirer d'Europe pour l'aéronautique chez Deutsche Airbus à Brême (Allemagne).**

Sur cette machine, le CERG a conçu, réalisé et mis en service le système de mesure d'efforts. L'instrumentation est constituée de 16 capteurs à jauges collés sur la presse et des systèmes électroniques de conditionnement. Les efforts résultants sont calculés en temps réel à l'aide d'une matrice dont les coefficients ont été identifiés lors d'un étalonnage sur site jusqu'à 750 tonnes. Les coefficients de l'étalonnage sont proches des prévisions données par le calcul par éléments finis et le système effectue également la correction de

pois des masses mobiles. Ainsi, dans n'importe quelle configuration, la précision est meilleure que 4 tonnes, ce qui permet de former aussi bien les grosses pièces d'Airbus A340 que les petites pièces des A319-A321 avec une précision de la répétabilité de l'ordre de  $1/10^{\text{ème}}$  de mm.

**Les limiteurs de débits supercavitants sont des composants très fiables parce qu'ils ne comportent aucune partie mobile.**

Le principe de ces appareils est de limiter le débit par la création d'une zone de cavitation généralisée générée par le surdébit. Ce sont donc des dispositifs à sécurité intrinsèque. Initialement développés par le CERG dans des circuits sur barrages hy-

drauliques, ils ont trouvé récemment une application pour des circuits nucléaires. Les conditions de température rencontrées ont nécessité la redéfinition complète des géométries, par calcul numérique et contrôle expérimental. L'appareil ainsi développé pourrait trouver d'autres applications, dans le domaine des procédés et du traitement des eaux en particulier.

**L'efficacité d'un procédé d'agitation est très sensible aux détails géométriques du mobile d'agitation.**

Le CERG vient de confirmer par des essais sur un mélangeur SANTOS destiné à des préparations alimentaires sur lequel une forme d'hélice a été optimisée.

*Suite de la page 2 -*

- Il faut savoir que les durées de mise en œuvre des codes de calcul sont souvent plus longues qu'on peut le croire : il faudra par exemple plusieurs mois pour «mailler» un véhicule et calculer sa traînée. Par contre, le même résultat pourra être obtenu en quelques semaines sur veine d'essais, avec un degré de confiance au moins égal, sinon supérieur.

Dans cette perspective de coût, le choix dépend en fait de l'utilisation escomptée des résultats :

- S'il s'agit d'une opération ponctuelle (comprendre l'origine d'une défaillance, prouver l'efficacité d'un process), il sera souvent moins coûteux de réaliser des mesures sur un modèle physique qui ne resserrera plus.

- S'il s'agit d'optimiser un écoulement dans un contexte évolutif à long terme (une gamme d'appareils par exemple), il sera préférable d'investir dans l'élaboration d'un modèle numérique, quitte à le valider expérimentalement une fois pour toutes et à l'utiliser ensuite pour les configurations d'écoulement identiques ou voisines, le coût d'exploitation étant alors faible.

**En conclusion**, il apparaît que le choix entre simulation physique et simulation numérique ne peut être fait a priori et nécessite une analyse préalable technico-économique du problème à traiter, le meilleur choix conduisant souvent, pour les études importantes, à la combinaison des deux approches.

## ON EN PARLE DANS LA PRESSE

**L'aciérie de SOLLAC à Dunkerque vient d'inaugurer son installation de dépoussiérage dimensionnée par le CERG.**

Lors des études de projet, le CERG a effectué une étude sur maquette de la captation secondaire des poussières et fumées émises par les convertisseurs de l'aciérie n°2. La simulation a permis d'optimiser la géométrie des hottes et de déterminer le débit minimal d'extraction nécessaire pour capter la totalité des effluents émis pendant les différentes phases du cycle de production. La mise en place de l'installation a été terminée fin 92 : les mesures réalisées à la mise en route ont confirmé la validité des dispositions préconisées et l'efficacité du captage mis en place.

**TGV du futur :**

Le CERG vient de terminer la seconde étude que lui a confiée GEC ALSTHOM sur l'analyse du bruit d'origine aérodynamique du TGV du futur. Cette phase a porté plus particulièrement sur la contribution au bruit de zones singulières du train comme le nez de la motrice et la cavité du pantographe. Ces données expérimentales sont destinées au calage des modèles numériques développés par GECALSTHOM Transport.

**TGV pour la Corée :**

Le CERG a reçu le 3 décembre 1992 une délégation de la Korea High Speed Rail Construction Authority, accompagnée par deux représentants de GEC ALSTHOM TRANSPORT, dans le cadre du projet de TGV coréen.

Cette visite a permis de présenter l'ensemble des études menées par le CERG dans le domaine des trains à grande vitesse : études aérodynamiques et acoustiques en simulation hydraulique, études spécifiques (écoulement autour des bogies, recirculation de l'air de refroidissement des auxiliaires), études de circulation en tunnels, participation aux mesures de vitesse embarquées sur TGV.

**Le CERG a terminé la première phase de l'étude concernant le futur tunnel transalpin de la liaison ferroviaire Lyon-Turin.**

Réalisée par modélisation hydraulique, cette simulation a permis d'étudier les effets de pistonement de différents types de convoi (TGV, fret, autoroute ferroviaire), les frottements (train/air et tunnel/air) et la traînée du train. Elle a permis également d'analyser le comportement des fumées en cas d'incendie avec détermination des schémas de propagation du bouchon de fumée, des stratifications éventuelles et des niveaux de température obtenus.

## BANCS DIDACTIQUES EN HYDRAULIQUE

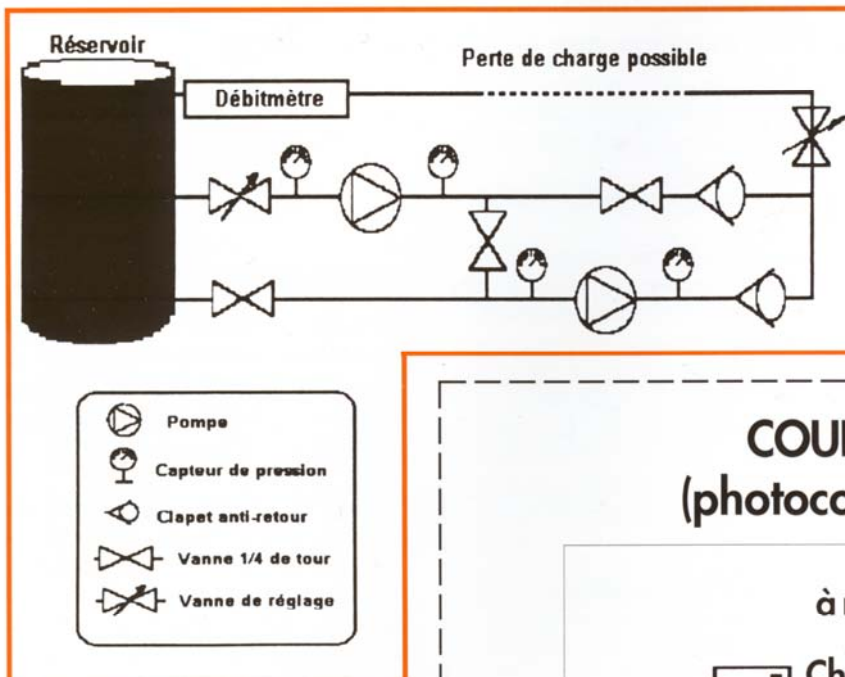
Le CERG lance une gamme de bancs didactiques destinés aux industriels et aux enseignants souhaitant illustrer de manière parlante les phénomènes hydrauliques les plus couramment rencontrés. Nous présentons ici le banc POMPES CENTRIFUGES.

### Fonction :

Ce banc permet de caractériser l'ensemble des lois régissant le fonctionnement des pompes centrifuges.

A partir d'un schéma hydraulique simple permettant l'étude complète des pompes centrifuges, on propose trois versions de banc :

	Version de base	Version analogique	Version couplemètre
Pompe	monobloc	monobloc	pompe/moteur séparés
Tuyauterie	Ø 25	Ø 25	Ø 40
Mesure pression	manomètre à cadran	capteur	capteur
Mesure débit	rotamètre	rotamètre + sortie analogique	rotamètre + sortie analogique
Mesure rendement	puissance consommée/courbe rendement moteur	puissance consommée/courbe rendement moteur	couplemètre



D'autres bancs sont proposés :

- banc Ecoulements à Surface Libre
- banc Pertes de Charge
- banc Cavitation
- banc Coups de Béliet
- banc Visualisation d'Ecoulements

(Renseignements et prix sur demande auprès de A. BONAZZI).

### Expériences proposées :

Ce banc permet de réaliser les essais de base suivants :

- détermination de la caractéristique H/Q :
  - . d'une pompe à vitesse constante,
  - . de deux pompes en parallèle à vitesse constante,
  - . de deux pompes en série à vitesse constante,
- mesure du rendement d'une pompe
- comparaison de deux pompes de même type et de diamètres de roue différents
- influence de la vitesse de rotation
- détermination du critère de cavitation NPSH (ou H<sub>na</sub>) requis.

### Documents

Le banc est livré avec une notice d'exploitation et d'entretien.

Cette notice comporte la description du banc, la procédure de mise en oeuvre, les consignes de sécurité et la description précise des manipulations proposées aux utilisateurs.

Des exemples types de résultats sont joints à cette notice.

## COUPON-RÉPONSE (photocopier ou découper)

à renvoyer à :  
**ACB CERG**  
 Christine MARTI  
 Rue Lavoisier  
 38800 LE PONT DE CLAIX

ou à faxer à :  
 Christine MARTI  
 76.98.08.81





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

1 au 3 mars 93 à Nantes	4èmes Journées de l'Hydrodynamique organisées à l'Ecole Centrale de Nantes	"Présentation d'une méthodologie systématique de mesure du début de cavitation" A. HELLION - S. LAVIGNE - J. PAUCHET (CERG)
7 au 9 juillet 93 à Paris	Colloque "Bruits et Vibrations des Pompes" organisé par la Sté Hydrotechnique de France	"Caractérisation acoustique d'une pompe centrifuge : mesures et modélisation" H. GAGLIARDINI - V. LAGARRIGUE - R. PERRET (CERG) - M. MAGNANI - J. TAVERNIER (Sté BOET) "Les possibilités de l'interférométrie holographique pour l'étude des vibrations d'une roue en rotation" A. BONAZZI - V. LAGARRIGUE - R. PERRET (CERG)
6 au 10 septembre à Lille	Colloque "Cavitation et tourbillons" organisé par la Sté Hydrotechnique de France au 11ème Congrès de Mécanique	"Détermination théorique et expérimentale du début de cavitation dans des jets turbulents" J. PAUCHET - A. RETAILLEAU - J. WOILLEZ (CERG)
21 au 23 septembre 93 à Grenoble	4ème Congrès Français de Génie des Procédés organisé par la Groupement Français de Génie des Procédés (articles soumis)	"La similitude hydraulique comme outil de développement d'agitateurs ventilés pour le traitement des coulées" F. BOEUF (ALUSUISSE) - J. WOILLEZ (CERG) "Conception d'hydrocyclones pour la séparation liquide-liquide" J. WOILLEZ (CERG)

Le CERG sera par ailleurs présent au salon Eurosilence qui aura lieu du 9 au 11 juin 1993 à Paris.

### STAGES EN HYDRAULIQUE DU CENTRE DE FORMATION DU CERG

#### Point d'information sur le stage H1 : Initiation aux écoulements en charge

**Sujet :** les lois de base de l'hydraulique et leur application pratique aux écoulements en charge.

**Contenu :**

- . rappels de physique et d'hydrostatique
- . théorème de Bernoulli : applications simples et démonstrations pratiques sur banc
- . pertes de charges réparties et sin-

- . gulières dans les circuits en charge
- . pompes centrifuges et axiales : caractéristiques générales, cavitation, couplage
- . régulation des débits dans les réseaux
- . mesures sur les écoulements
- . bruits et vibrations dans les circuits
- . écoulements à surface libre : notions de base

Pour toute information sur ce stage ainsi que les stages H2 et H3, contacter Hélène MALLEVAL.

### COUPON-REPONSE

- Je suis très intéressé par le sujet suivant : ..... et j'aimerais avoir plus d'informations.
- Je suis intéressé par les activités du CERG sur le(s) thème(s) suivant(s) : .....
- Je souhaite qu'un spécialiste prenne contact avec moi
- Je souhaite qu'on m'envoie de la documentation
- J'aimerais participer à une visite du centre d'essais.
- Voici les coordonnées de personnes à qui j'aimerais que vous adressiez la Technique Des Fluides : .....

Pour que nous puissions vous répondre, n'oubliez pas de compléter vos coordonnées :

Vos nom et fonction :

Société :

Adresse :

Téléphone :

**Le CERG conçoit et réalise des ensembles instrumentés, que ce soient des bancs d'essais, ou des systèmes adaptés à un process particulier. Exemples :**

- Le CERG a conçu un système de contrôle d'étanchéité de réseaux enterrés de distribution de kérosène. Il y a 3 ans, il a installé un tel système spécialement adapté au cas de l'aéroport d'Orly pour la société SMCA. Une version mobile et dédiée à l'aéroport de Roissy est en cours d'installation à la demande du même client.

- Le VAG (Venturi Analyseur de Germes) est un système développé par le CERG pour caractériser la concentration des germes de cavitation contenus dans l'eau, en fonction de leur pression critique. Le CERG a également adapté ce système, sur la demande d'un industriel de l'automobile, pour l'analyse des liquides de refroidissement.

## LES DECANTEURS-COALESCEURS

### 1. Fonction

La séparation de mélanges de fluides de densités différentes - mélanges liquide-liquide (eau/pétrole ou eau/huile, produits chimiques) ou mélanges liquide-gaz (eau/air, eau/chlore, huile/air, ...) se pose dans de nombreux procédés liés à l'environnement (dépollution).

Les décanteurs-coalesceurs répondent à ce besoin, principalement quand il y a de gros débits de fluide à traiter, en assurant généralement dans un volume réduit une bonne efficacité (supérieure à celle des décanteurs gravitaires classiques), tout en restant d'un coût limité et d'une fiabilité excellente.

### 2. Principe de fonctionnement

Nous nous limiterons, à titre d'exemple, au cas de la séparation liquide/gaz.

Le mélange est introduit dans un réservoir comportant deux compartiments séparés par une structure en nids d'abeilles. Lors du passage d'un compartiment à l'autre, le mélange s'écoule au travers des canaux du nid d'abeille. La vitesse y est assez faible pour que les bulles de gaz puissent décanter et s'agglomérer par coalescence pour former des poches de gaz de plus en plus volumineuses.

Selon les cas, on dispose le nid d'abeille avec une inclinaison adéquate et les poches de gaz vont soit remonter par gravité à contre-courant vers le compartiment amont (ce qui favorise la coalescence), soit s'évacuer sous l'action de l'écoulement vers le compartiment aval et remonter en surface dans un écoulement tranquilisé par les nids d'abeilles. On évacue ainsi le gaz séparé du mélange.

### 3. Avantages et limites du principe

La séparation par les décanteurs-coalesceurs du type ci-dessus se trouve en concurrence avec la décantation gravitaire simple dans les bassins de tranquillisation (générale-

ment volumineux) et la séparation par cyclonage (cyclones fixes ou tournants).

Le choix dépend de différents paramètres :

- débit à traiter et temps de traitement disponible
- efficacité recherchée
- encombrement et coût.

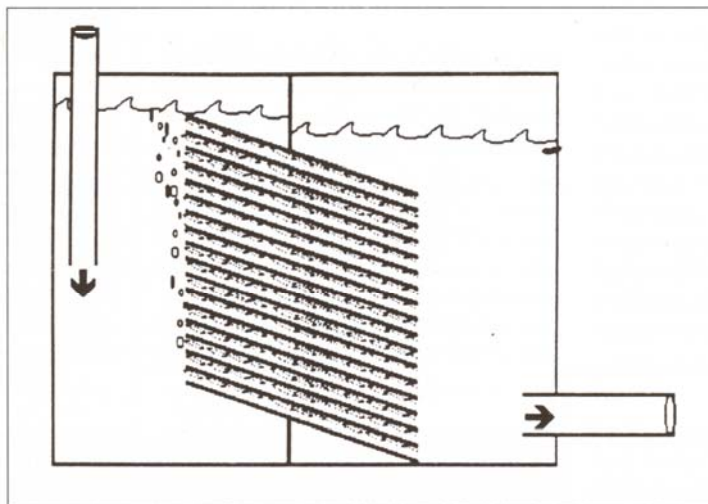


Schéma d'un décanteur-coalesceur

Les décanteurs-coalesceurs présentent des avantages :

- possibilité de traiter de gros débits de fluides (application actuellement en service pour des débits allant jusqu'à 30 m<sup>3</sup>/s)
- bonne adaptabilité à des débits variables et fluctuants
- excellentes performances jusqu'à un diamètre de coupure de l'ordre de 100 μ (taille à partir de laquelle une bulle de gaz ou une gouttelette d'huile par exemple sera extraite du mélange diphasique)
- volume réduit
- simplicité de réalisation et grande fiabilité (aucun élément mobile)
- pas d'apport extérieur d'énergie autre que celle du fluide à traiter
- bon rapport performances/prix.

L'utilisation de ces appareils est limitée en application courante par leur capacité en diamètre de coupure (environ 100 μ). Pour des diamètres plus faibles, la vitesse de décanation devient trop faible pour que les bulles puissent décanter et coalescer. Le domaine 10 à 100 μ conduit à l'utilisation d'autres solutions (cyclones, filtres, centrifugeuses, coalesceurs électrostatiques,...).

### 4. Applications et choix

Les applications sont très variées et touchent de nombreux secteurs industriels.

Ce système peut être mis en oeuvre dans divers process comme, par exemple :

- dans les procédés de dégazage de fluide (dégazage de tunnels hydrodynamiques, dégazage d'émulsions : produits pétroliers bruts, casse à huile de graissage,...)
- en séparation liquide-liquide : extraction de l'eau dans le pétrole brut, dépollution des eaux résiduelles, ...
- en séparation gaz-liquide : systèmes sécheurs de vapeur d'eau ou de gaz, ...

Le choix et le dimensionnement du système adapté demande une analyse technico-

économique assez fine.

Pour faciliter ce choix, le CERG a établi, à partir de données expérimentales, un logiciel de calcul et d'optimisation de l'efficacité et de la perte de charge des décanteurs-coalesceurs, prenant en compte les divers paramètres :

- caractéristiques des nids d'abeilles (taille, longueur, inclinaison,...)
- caractéristiques du mélange à traiter (viscosités et densités des fluides, ...)
- débits requis.

Dans le domaine de la séparation, le CERG est ainsi en mesure de recommander et de définir le système le mieux adapté, qu'il s'agisse du type de décanteur-coalesceur décrit ci-dessus ou de cyclones (fixes ou tournants).

- Un article a retenu votre attention ?
- Vous souhaitez en savoir plus sur nos activités ?
- Vous êtes intéressé par une visite de nos installations d'essais ?

**Contactez Christine Marti**  
 au 76.40.90.40  
 (fax : 76.98.08.81)