

LA TECHNIQUE DES FLUIDES

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

Nov. 1995 - n° 7

EDITORIAL

Il est évident qu'il existe un lien fort entre la stratégie d'une entreprise et son organisation. Le CERG n'y échappe pas et adapte donc son organisation interne sur la base de son analyse stratégique et de l'optimisation de son savoir-faire et de ses ressources humaines.

Il comporte désormais quatre Groupes Opérationnels couvrant les domaines suivants :

- Procédés Industriels
- Bruits et Vibrations
- Aéro et Hydrodynamique
- Moyens d'Essais et Instrumentation

Ces groupes s'appuient sur un Centre de Calculs et un Centre d'Essais.

Un Groupe Commercial pilote l'ensemble de la politique et des actions marketing et commerciales dans l'environnement économique concurrentiel et évolutif d'aujourd'hui.

Le CERG vise ainsi à maintenir son cadre de référence avec :

- . une vocation centrée sur ses métiers de base et ses compétences en mécanique des fluides,
- . une finalité qui s'exprime par l'amélioration permanente du service à ses clients par une réponse rapide et adaptée, tant commerciale que technique,
- . une éthique d'indépendance, de confidentialité et de qualité.

M. VISCONTI

EN ROUTE VERS LA CERTIFICATION ISO 9001

La Qualité et sa reconnaissance constituent aujourd'hui plus que jamais une donnée industrielle incontournable ; la Direction de GECALSTHOMACB a décidé de se préparer à la certification ISO 9001 et le CERG est complètement intégré dans cette démarche. Ce n'est certes pas un fait nouveau puisque le CERG bénéficie depuis plusieurs années de la certification RAQ1 pour les marchés militaires, mais l'adaptation des procédures aux exigences particulières de l'ISO 9001 va nécessiter une mobilisation particulière de tout le personnel.

Cet effort de tous, entrepris pour l'obtention de la certification, sera avant tout bénéfique pour l'amélioration de nos prestations et une plus grande satisfaction de nos clients.

Sommaire :

- Editorial	p1
- En route vers l'ISO 9001	p1
- Bruit de cheminée	p1
- Le dépolluissage des fosses ballastières	p2
- Création d'une gamme de bancs didactiques	p3
- L'agenda des colloques et salons	p4
- La formation en hydraulique Nouveau calendrier	p4
- L'analyse en composantes principales	p5

Bruit de cheminée

Le CERG a permis de supprimer des bruits très basses fréquences émis par la cheminée d'une usine d'incinération et étant à l'origine de plaintes du voisinage.

Ce type de bruit (<50 Hz) est plus gênant par ses conséquences indirectes (vibrations de portes et de fenêtres) que par son effet acoustique.

Son traitement par silencieux est onéreux et encombrant.

L'analyse réalisée par le CERG a mis en évidence un phénomène aérodynamique au niveau du ventilateur de tirage. Ce diagnostic a permis de régler le problème à la source sans modifier l'encombrement de l'installation et au moindre coût.

LE DEPOUSSIERAGE DES FOSSES BALLASTIERES DE SFPO A BOULOGNE SUR MER

1. Introduction

SFPO (Société du Ferromanganèse de Paris-Outreau), leader mondial du ferromanganèse, produit dans son usine de Boulogne-sur-Mer 300 à 400 000 tonnes/an de ferromanganèse carburé, exporté à plus de 90 % dans le monde entier.

Trois hauts fourneaux élaborent chacun six coulées/jour d'un alliage réparti en 6 classes chimiques titrant environ 78 à 80 % de manganèse. Ces dix-huit coulées, également réparties dans le cycle journalier, sont récupérées par poche-tonneau ferroviaire et déversées dans un ensemble de trente fosses-ballastières situées à l'air libre (photo).

Chaque fosse reçoit huit à dix couches successives d'alliage parfaitement identique.

Ce système, bien que d'apparence très rustique, géré par qualité totale par le laboratoire constitue pour la solidification et le refroidissement du métal une solution idéale, qui permet également de constituer un stock-tampon intéressant entre la coulée qui fonctionne en continu, et le traitement de concassage-criblage qui ne fonctionne que sur un poste et 5 jours/7.

Chaque déversement en fosse qui dure 10 à 15 minutes donne lieu à un dégagement de fumée orangée constituée d'aérosols d'oxyde de manganèse inerte mais très visible, surtout par temps calme.

Dans un souci de préservation de l'environnement, SFPO a décidé de confier au Centre d'Etudes et de Recherches de Grenoble, l'étude sur maquette hydraulique de la

mise au point et du dimensionnement du captage des fumées de ces fosses ballastières.

2. L'étude sur maquette hydraulique

La simulation permet de modéliser les paramètres qui influent sur le captage des fumées.

La maquette simule les conditions météorologiques locales (vitesse, direction des vents...), la topographie des lieux (relief, bâtiments, ...), les conditions liées au procédé (temps de déversement, flux thermique émis, ...), etc.

La similitude des phénomènes observés dans la nature avec leur modélisation sur maquette est assurée par le respect des différentes lois de similitude physique.

La maquette est réalisée à une échelle du 1/50. Elle est mise en place dans un canal hydrodynamique sur une plate-forme circulaire orientable qui permet de modéliser les différentes directions du vent.

Les vitesses de vent analysées sont comprises entre 0 et 15 m/s (grandeurs réelles).

Sur le modèle, l'équipement de captation comporte un circuit d'aspiration à orifices et débit réglables pour l'évacuation des fumées.

La plate-forme expérimentale comporte de larges baies vitrées permettant les observations.

Les mesures de concentration et de pollution sont réalisées par prélèvements et dosages; elles permettent d'établir les bilans d'efficacité de la captation étudiée pour chaque débit analysé de

captation des fumées.

Les paramètres de fonctionnement ont été établis à partir de l'exploitation des observations et mesures entreprises antérieurement.

3. Quelques essais

Des essais préliminaires effectués avec la maquette représentant le site en l'état initial ont permis de vérifier que les conditions expérimentales sont bien représentatives de la réalité. A ce titre, on a testé plusieurs directions de vent et plusieurs forces de vent. L'observation du comportement du panache de fumée sur le modèle a été jugée conforme à la réalité par les représentants de SFPO et de la DRIRE.

La solution de captage par un bâtiment fermé sur la zone des fosses n'a pas été retenue pour deux raisons: les grandes dimensions de l'installation (largeur 40 à 70 m - longueur 220 m - hauteur 15 à 20 m), et l'impossibilité de disperser l'énorme quantité de chaleur apportée par le métal en fusion ($0,35 \times 10^9$ Kcal/jour) à l'intérieur du bâtiment. Il a donc été retenu une structure ouverte.

A partir d'un système d'auvent couvrant partiellement la zone de coulée l'étude a permis de vérifier le débit d'extraction nécessaire pour capter les fumées émises pendant la coulée en ballastière.

L'installation comporte un total de vingt et un orifices de captation situés en toiture de l'auvent, le nombre et la position des orifices à ouvrir en fonction du vent étant déterminés par les essais expérimentaux.

4. Conclusions

Les essais et la similitude des phénomènes réels et modélisés ont permis de définir l'efficacité de la captation des fumées dans différentes hypothèses de travail.

L'exploitation globale des résultats permet d'escompter une efficacité de captation de l'ordre de 70 à 80 % selon les options retenues, entraînant incontestablement la suppression de l'effet de nuage actuel.



Déversement actuel en fosses ballastières

CREATION D'UNE GAMME DE BANCS DIDACTIQUES

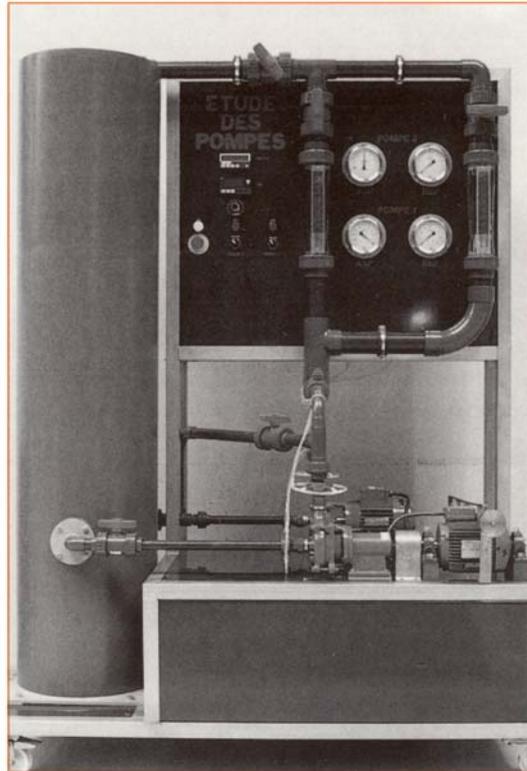
Une étude de marché a nettement confirmé les signes d'intérêts captés par le CERG pour des bancs didactiques bien adaptés aux besoins du moment, esthétiques et d'un rapport qualité/prix favorable... Histoire d'une naissance :

Pour répondre à ces trois principaux centres d'intérêts des acheteurs potentiels, le CERG a engagé un long processus de développement comprenant trois pôles : maîtrise hydraulique, design, analyse de la valeur.

L'aspect technique est primordial (intérêt, variété et exactitude des expériences proposées). Or comme héritier de NEYRPICTechnique des Fluides et NEYRTEC, comme centre d'essais hydrauliques et comme centre de formation, le CERG se place naturellement à la pointe de la connaissance et de la pratique.

Le design est le complément indispensable d'une bonne maîtrise technique du produit. Avec la collaboration d'un designer indépendant doté de nombreuses références industrielles, le CERG a arrêté les principales caractéristiques de chaque banc (mobile ou non, afficheurs digitaux ou manomètres à aiguille ...) rassemblées dans un cahier des charges élaboré en fonction des besoins exprimés lors de l'étude de marché. Il a aussi travaillé sur l'ergonomie des fonctionnalités et déterminé une esthétique globale pour la gamme.

Une analyse de la valeur a accompagnées deux premières démarches en vue d'allier qualité de fourniture élevée et prix de revient serré permettant au CERG de proposer un rapport qualité/prix très avantageux.



Le banc Pompes Centrifuges

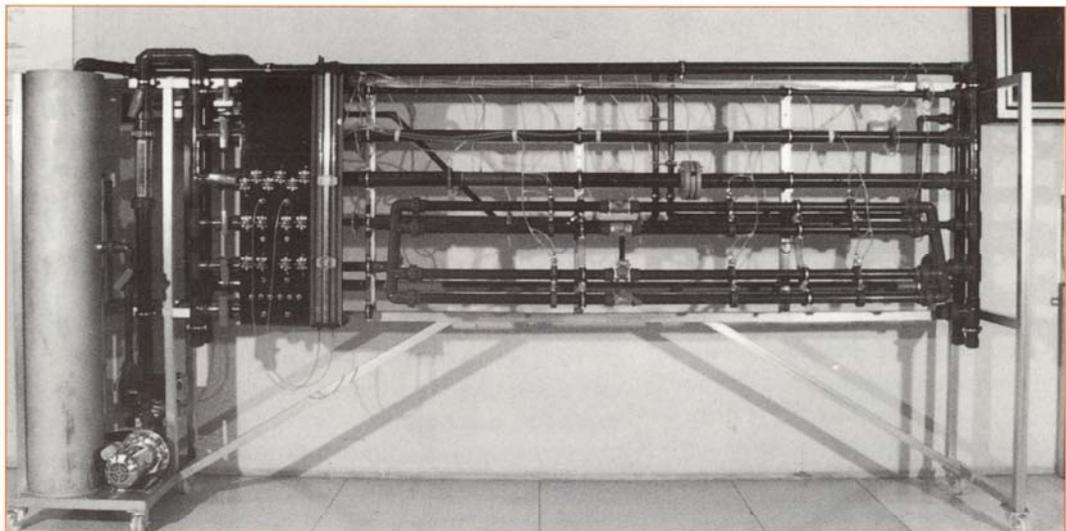
Le banc Pertes de Charge

l'étude des pertes de charge linéaires et singulières couramment rencontrées dans l'industrie,

- le banc pompes centrifuges pour caractériser l'ensemble des lois régissant le fonctionnement des pompes.

Ces bancs sont proposés aux écoles d'ingénieurs, certains DUT, BTS et Bacs Professionnels; les centres de formation continue sont aussi concernés.

Présentés en avant-première à certains organismes contactés lors de l'enquête et ayant différé leur achat dans l'attente de leur sortie, ces bancs ont déjà fait l'objet de



Le CERG est maintenant en mesure de proposer une gamme cohérente qui s'étoffera progressivement. D'ores et déjà sont disponibles :

- le banc pertes de charge pour

ventes avant leur sortie officielle.

Deux prototypes sont en exposition permanente au CERG afin de permettre à tout client potentiel de les voir et les faire fonctionner.

L'ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES : Une technique d'analyse de données au service de l'expérimentation

Les moyens de mesure et de traitement comme les moyens de calcul permettent de manipuler des systèmes de plus en plus complexes mettant en jeu de nombreux paramètres. Parallèlement, le nombre de configurations d'essais ou de calculs, facilité par la puissance croissante des appareils, est souvent important: plusieurs dizaines, voire centaines. Prenons un exemple : le CERG a traité 56 essais sur un banc de palier de turbine de 600 MW où étaient relevées simultanément les valeurs de 71 paramètres (températures, pressions, débits, efforts, déplacements ...).

Dans un tel cas, l'expérimentateur se trouve confronté au problème suivant : Quelle méthode employer pour exploiter tant de données ?

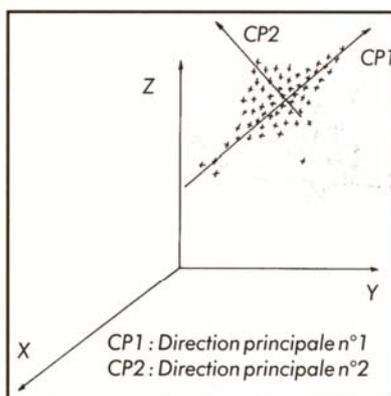
* * *

L'analyse de données est une réponse partielle à ces questions. Elle constitue l'étape préliminaire permettant d'extraire les grandes tendances physiques des tableaux de résultats et de fournir des pistes à examiner plus attentivement.

Le CERG utilise l'Analyse en Composantes Principales (ACP). Cette méthode, fréquemment employée dans les enquêtes d'opinion ou en pharmacologie, permet d'établir des relations de «proximité» entre les paramètres du système étudié ou les différents essais effectués.

Prenons le cas de mesures vibratoires sur une pompe axiale multi-étagée équipée de huit points de mesure d'accélération orientés axialement, radialement ou tangentielllement. L'ACP a indiqué que six points sur huit étaient très proches, c'est-à-dire fournissaient la même information. Un tel résultat peut s'avérer très utile dans le cas de l'élaboration d'un processus de surveillance de machine pour réduire le nombre de voies nécessaires au bon suivi.

L'ACP possède différents niveaux d'exploitation : dans chaque cas on l'emploie dans le but de répondre à une question particulière qui peut concerner :



Directions principales d'un nuage de points

- la qualité du jeu de données,
- le comportement d'ensemble de celui-ci (recherche de «proximités»),
- les comportements particuliers (recherche des exceptions),
- la réduction des paramètres à prendre en compte ...

L'analyse du jeu de données s'effectue à partir des résultats de l'ACP. En pratique, l'ACP considère le jeu de données comme une matrice et fournit les directions principales de la matrice de covariance : ces directions principales sont celles qui représentent le mieux, au sens des moindres carrés, le nuage de points multidimensionnel qui constitue le jeu de données. Pour illustrer cela, on peut comparer les directions principales aux axes principaux d'inertie d'un système mécanique.

L'ACP permet par ailleurs d'estimer

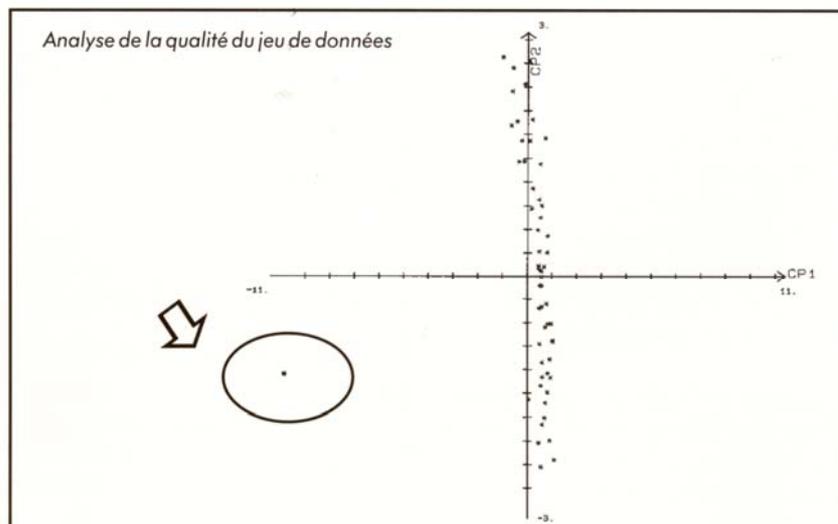
la quantité d'information représentative des données, contenue par chaque direction principale. L'expérience des cas traités montre qu'un nuage de points peut être très bien représenté par seulement deux à quatre directions principales alors que le nombre de paramètres initiaux est souvent de quelques dizaines. Les résultats de l'ACP sont analysés à l'aide des représentations du nuage de points et des paramètres du système sur les directions principales, le nombre réduit de celles-ci permettant réellement un examen du comportement d'ensemble.

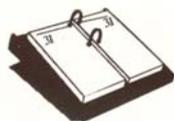
Analyse de la qualité du jeu de données

L'ACP met en évidence tout résultat singulier d'essai ou de calcul. Un tel point apparaît sur la représentation graphique comme extérieur au nuage auquel il appartient.

On met en relief des défauts du type: erreur de saisie, défaut d'appareil (piles faibles lors des essais par exemple), erreur de mesure ou de calcul, mesure inutile non-correlée au phénomène observé... Dans le cas du banc de palier déjà cité, on a pu mettre en évidence une erreur de saisie au milieu d'un tableau de 71 paramètres x 56 essais. Dans ce premier cas, l'ACP sert à exclure du jeu de données initial tous les points anormaux apportant un biais

(Suite page 6)





L'AGENDA "CERG" DES COLLOQUES ET DES SALONS

Date	Nom de la manifestation	Nom de la communication et de l'auteur
4 au 6 Juillet 1995, Cannes	Undersea Defense Technology	"Vibration generated and transmitted by the raft mounted CODAD concept" L. FROMAIGAT (GEC ALSTHOM ACB - CERG)
10 au 12 Octobre 1995, Clamart	Méthodes de Surveillance et Techniques de Diagnostic	"Diagnostic du transitoire d'une turbine à gaz à l'aide de données d'équilibrage" L. FROMAIGAT (GEC ALSTHOM ACB - CERG)
1 au 8 Décembre 1995, Marseille	Rencontres sur l'Analyse Temps-Fréquence	"Analyse temps-fréquence de phénomènes vibratoires et interprétation physique" L. FROMAIGAT (GEC ALSTHOM ACB - CERG)
5 au 7 Décembre 1995, Marseille	Colloque E3 (Energie et Environnement)	"Optimisation sur maquette hydraulique de la désulfuration primaire des fumées" M. VANDYCKE (GEC ALSTHOM STEIN INDUSTRIE) - M. MILHE (GEC ALSTHOM ACB - CERG)

LES STAGES DE FORMATION EN HYDRAULIQUE DU CERG

Voici le calendrier des sessions arrêtées pour l'année 1996.

Stage	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
H1			18~22			3~7	23~27			02~06
H2									18~22	
H3			25~29					14~18		
H4-H5	Dates sur demande									

Rappel :

- Stage H1 : Initiation aux écoulements en charge
- Stage H2 : Initiation aux écoulements à surface libre
- Stage H3 : Pompes, coups de bélier, régulation
- Stage H4 : Pompes
- Stage H5 : Coups de bélier.
- Stages organisés sur demande dans votre entreprise.

Pour toute information complémentaire, une brochure est envoyée sur demande auprès de Mme Hélène Mallevial.

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



(Analyse en Composantes Principales - suite de la page 5)

important à l'analyse globale. Lors d'un processus de suivi, elle prévient d'une évolution anormale.

Analyse du comportement d'ensemble

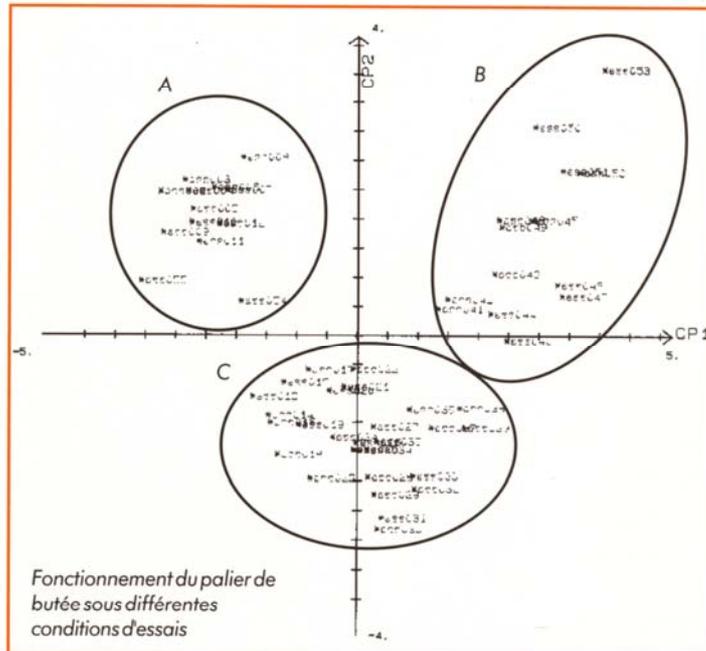
L'ACP met en évidence les grandes tendances physiques du nuage de point. Elle indique quelles grandeurs possèdent une relation forte entre elles. Cela peut être des grandeurs équivalentes : c'est le cas rencontré lors des mesures de vibration de l'électropompe où les valeurs RMS fournies par les différents accéléromètres étaient très fortement corrélées, indiquant qu'un nombre réduit d'entre eux pouvait rendre compte de l'état vibratoire global de la machine. Il en est de même pour les grandeurs mesurées sur dif-

férents patins du palier de la turbine : l'état d'un patin pouvait être connu à partir d'un nombre limité de mesures de température, déplacement et pression.

Cela peut être des paramètres liés par des relations particulières. L'évolution du niveau de vibration de l'électropompe a pu être reliée aux grandeurs caractéristiques de son point de fonctionnement (vitesse de rotation, débit, hauteur engendrée...). Dans ce cas, l'ACP peut être naturellement prolongée par une modélisation du système étudié. Une fois les relations entre les paramètres établies, ceux-ci peuvent être sélectionnés (on peut aussi choisir les directions principales elles-mêmes); puis un logiciel de régression multilinéaire permet d'estimer leurs lois d'évolution.

L'ACP peut en même temps mettre en évidence des regroupements de points, des domaines disjoints

représentant chacun un état particulier du système. Cette «propriété» est d'un intérêt majeur pour le suivi d'une machine : les domaines évoqués peuvent être significatifs d'un fonctionnement donné (correct, panne A, panne B ...) qui peut être interprété très rapidement en termes de maintenance.



Analyse de comportements particuliers

L'ACP permet de distinguer les essais ou les paramètres particuliers. L'examen de ces cas spéciaux est souvent riche en enseignements pour l'expérimentateur. C'est par un examen de ce type que l'on a pu déceler un défaut dans une procédure d'essais de machine tournante. Celle-ci surveillait la stabilisation de la température à partir d'une des huit sondes implantées. L'analyse d'une série d'essais à différentes vitesses de rotation a permis de détecter une anomalie à partir de la représentation des essais sur les directions principales. L'interprétation de celle-ci a indiqué que la sonde utilisée pour la détection de la stabilisation n'était pas significative de la stabilisation de l'appareil. A cette occasion, le pouvoir

discriminant de l'ACP a été mis en évidence par une analyse méthodique des écarts entre points constatés sur les représentations graphiques des résultats.

* * *

En résumé, l'ACP est une méthode que l'on applique à des jeux de données de volume important et/ou pour lesquels les relations entre les paramètres ne sont pas évidentes. L'ACP permet de ne conserver que les données réellement significatives et d'orienter les analyses et les dépouillements en dégagant les grandes tendances du comportement physique.

Il apparaît d'ailleurs nettement que l'utilisation de l'ACP doit se faire en collaboration avec les spécialistes du domaine concerné par les données. Ceux-ci ont pour

rôle d'aider à interpréter les résultats de l'ACP et de fournir des jeux de données adaptés aux problèmes posés ou de proposer des modifications de ces jeux (suppression de paramètres, introduction de combinaisons de paramètres ...).

Les possibilités d'utilisation de l'ACP sont vastes :

- aide à l'interprétation de phénomènes physiques
- aide au contrôle de résultats d'essais, de calcul, de métrologie ...
- aide à la maintenance : définition des contrôles, suivi de maintenance.

Sa mise en oeuvre est simple et nécessite un tableau de données (sur listing, disquette ...).

Moyennant la contribution d'un spécialiste du système étudié, le CERG est susceptible de fournir des résultats de grande valeur dans un délai court.