

La recherche

en contrôles non destructifs

en France

Non destructive testing research in France



Philippe DUROUCHOUX

DRET, 26, boulevard Victor, 75996 PARIS ARMÉES

Philippe DUROUCHOUX est Ingénieur sous contrat, Chef de la Division Technologie du Groupe « Matériaux-Technologie-Structures » de la Direction des Recherches, Études et Techniques (DRET), chargé des problèmes de contrôle non destructif des matériaux.

RÉSUMÉ

Après une présentation sommaire des problèmes industriels motivant les travaux dans le domaine des contrôles non destructifs, l'auteur examine les différents moyens utilisés pour ces contrôles et en précise l'intérêt et les limites. Dans la deuxième partie, l'auteur présente les thèmes abordés par les programmes de recherche en cours ou à venir et brosse un tableau des différents organismes privés ou étatiques qui financent ou réalisent ces recherches.

MOTS CLÉS

Contrôle non destructif, recherche, matériaux, radiographie, ultrasons, traitement du signal, émission acoustique, céramiques, composites.

SUMMARY

After a summary reviewing of the industrial problems concerning NDT, the Author presents, the different technics used for that, and gives their interest and limites. In the second part the Ahtor presents what are the research subjects which are runing now, in France, and presents the different labs and sponsors which execute or pay it.

KEY WORDS

Non destructive testing (NDT), non destructive evaluation (NDE), research materials, radiography, ultra-sound, signal analysis, acoustic emission, ceramics, composites.

TABLE DES MATIÈRES

1. Pourquoi les CND ?

- 1.2. Motivations
- 1.2. Évolution des besoins
- 1.3. Définition des défauts

2. Comment contrôler ?

- 2.1. Présentation des méthodes usuelles
- 2.2. Limites des méthodes usuelles

3. La recherche

- 3.1. La recherche technologique
- 3.2. La recherche de base
- 3.3. Les acteurs de la recherche en CND en France

4. L'action des Pouvoirs Publics

- 4.1. Le Ministère de la Recherche et de la Technologie (MRT)
- 4.2. Le Centre National de la Recherche Scientifique
- 4.3. Le Ministère de la Défense. La Direction des Recherches, Études et Techniques (DRET)

5. La valorisation des connaissances acquises

6. Conclusions

Bibliographie

facteurs de « non Qualité » : facteurs techniques, facteurs liés à la structure de l'entreprise, facteurs humains...

Les CND étant un moyen d'évaluer un aspect de cette qualité, sont donc plus largement utilisés aujourd'hui, et voient ainsi leurs performances mises à l'épreuve d'une grande variété de problèmes.

1.2. ÉVOLUTION DES BESOINS

La demande actuelle en CND est couverte le plus souvent en ayant recours aux techniques éprouvées et bien maîtrisées. L'augmentation quantitative des pièces à contrôler nécessite la conception de machines spéciales automatisées et de grande productivité. L'analyse du marché montre une progression importante de certains secteurs.

L'industrie nationale est relativement peu importante et ne couvre que 40% du marché Français. Les Allemands et les Américains sont les mieux représentés (Kramer, Forster, Endvco, Automation...).

	Progression annuelle prévue du marché (%)
Radioscopie télévisée . . .	10
Ultrasons	15
Émission acoustique. . . .	40

Parallèlement à cette évolution de la demande, qui correspond à la pénétration des CND dans des entreprises qui ne les pratiquaient pas, existe une évolution plus technique et scientifique ayant pour motivation une amélioration des performances. Cette demande est le fait des utilisateurs de l'Aéronautique et du Nucléaire qui sont confrontés en permanence à de nouveaux problèmes.

Ces nouveaux problèmes ont un nom : « les matériaux nouveaux ».

1.3. DÉFINITION DES DÉFAUTS

Sous la dénomination « nouveaux matériaux », on considère une grande variété de produits qui sont :

- les composites aux multiples combinaisons de fibres et de matrices;
- les céramiques thermomécaniques à hautes caractéristiques;
- les superalliages à solidification orientée ou élaborés par la métallurgie des poudres;
- les alliages de titane (TA6V, TA6Zr5D) et les nouveaux alliages pour turbines (IMI 679...).

Chacun de ces matériaux pose un problème de contrôle, spécifique, dont la complexité peut évoluer suivant, les épaisseurs concernées, la géométrie des pièces et leurs modes d'élaboration.

S'il faut contrôler la santé du matériau de base, il est nécessaire de s'intéresser aussi à celle des assemblages. Les soudures, rivetages et collages nécessaires à la

1. Pourquoi les CND ?

1.1. MOTIVATIONS

Les contrôles non destructifs (CND) sont nés de la nécessité devant laquelle se sont trouvés les Ingénieurs de devoir garantir la sécurité des personnes et des matériels.

Ainsi, dans les industries de pointe telles l'industrie aéronautique et l'industrie nucléaire, se sont implantées des techniques sophistiquées pour « débusquer » dans le stade final de l'élaboration des produits, les dernières imperfections de la matière.

Aujourd'hui, on assiste à une demande très importante et généralisée, émanant de tous les secteurs industriels. La « qualité » est devenue une nécessité vitale pour les entreprises confrontées à la concurrence internationale et à une clientèle exigeante.

Devant cette réalité et à l'image des précurseurs que furent les Japonais, « l'assurance Qualité » s'est implantée dans les entreprises sous la forme d'une organisation visant à répertorier et à minimiser les

mise en œuvre sont souvent très difficiles à contrôler (textures particulières, accessibilité...).

La caractéristique dominante de tous ces matériaux est qu'ils sont très « bruyeux ».

L'anisotropie qui les caractérise rend difficile l'interprétation des signaux quelle que soit la méthode utilisée, car le rapport signal/bruit est mauvais. Par ailleurs, dans les matériaux fragiles, la petite taille des défauts critiques nécessite une grande finesse de détection qu'il est difficile d'obtenir avec les méthodes classiques.

La diversité du sujet fait de chaque problème un cas particulier que seul peut traiter en détail l'utilisateur.

Cependant, pour fixer un objectif à la recherche, on peut essayer de définir un problème suffisamment général tel que sa solution, permette de résoudre un grand nombre des cas particuliers évoqués.

La mécanique de la rupture fournit des modèles décrivant le comportement des pièces. Ces modèles permettent d'évaluer approximativement la nocivité des différentes morphologies de défauts pour un matériau donné. Ainsi, un défaut volumique est-il généralement considéré comme moins nocif qu'un défaut plan.

Il faut donc différencier les informations recueillies pour situer, orienter et caractériser le défaut.

La difficulté réside dans cette différenciation et dans la détection des petits défauts plans mal orientés et perdus dans le bruit.

Pour schématiser, nous dirons qu'il y a deux types de défauts majeurs qui posent un problème non résolu :

- le défaut du type microfissure dans un matériau bruyeux;
- le défaut de collage quand il s'agit de caractériser la qualité de l'adhésion.

Le chercheur en contrôles non destructifs a donc pour objectif la détection et la caractérisation de ces types de défauts.

2. Comment contrôler ?

2.1. PRÉSENTATION DES MÉTHODES USUELLES

Pour atteindre ses objectifs, le contrôleur dispose des moyens suivants :

— L'examen visuel direct des pièces, qui permet l'appréciation de nombreux paramètres (forme, couleur, défauts externes...).

— Le ressuage qui consiste à faire pénétrer dans les fissures débouchantes, un liquide mouillant et à révéler la présence de ce liquide par une méthode appropriée (poudre, rayonnement UV...); la pièce étant ensuite examinée visuellement.

— La magnétoscopie permet en plus, par rapport au ressuage, de mettre en évidence des défauts non débouchants mais proches de la surface. Pour cela, on applique un fort champ magnétique ou un fort courant sur la pièce et on visualise à l'aide d'une poudre métallique les lignes de champ au droit des

défauts. L'examen des pièces se fait le plus souvent sous éclairage UV.

— La radiographie permet d'obtenir sur un film photosensible une image, projetée sur le plan du film, de la pièce à contrôler. La source de rayonnement peut aller du petit poste à rayons X de 100 kV à l'accélérateur linéaire de 15 MeV pour le contrôle de grosses structures.

— La radioscopie permet un examen en temps réel dans les mêmes conditions opératoires qu'en radiographie. Cependant, la souplesse d'emploi est acquise au détriment de la qualité d'image.

— La gammagraphie utilise le rayonnement plus dur des sources radio isotopiques du type cobalt ou iridium. La souplesse d'emploi est ici obtenue au détriment de la résolution (flou géométrique généralement important).

— En neutronographie on utilise les différences de section efficace de capture des neutrons thermiques, par les matériaux, pour former une image, comme en radiographie, mais dans laquelle les éléments légers seront facilement identifiés (utilisation en pyrotechnie).

— Les contrôles par courants de Foucault s'effectuent en créant un champ magnétique dans une bobine que l'on va déplacer à la surface d'une pièce métallique. Toute perturbation, par un défaut, des lignes de courants, des courants induits dans la pièce, va se traduire par une modification du coefficient de self induction, qui sera détectée.

En jouant sur la fréquence du courant exciteur et la géométrie des bobines, il est possible de contrôler jusqu'à quelques millimètres sous la surface.

— Le contrôle par holographie consiste à enregistrer deux hologrammes de l'objet obtenus à des instants distincts, pour deux états de contraintes, différents de la pièce.

La déformation provoquée au droit d'un défaut éventuel se manifeste par une anomalie locale du réseau de franges superposé à la pièce, et qui est observé visuellement.

Ce type de contrôle encore peu répandu est appliqué aux pales d'hélicoptères, aux pneumatiques, aux propulseurs d'engins...

— L'échographie ultrasonore est avec la radiographie, l'une des méthodes la plus répandue. Elle consiste à détecter les défauts en balayant la pièce à contrôler et en observant les échos réfléchis sur les discontinuités de la matière.

— L'émission acoustique consiste à écouter les « bruits » émis par une structure sous contrainte. Des méthodes de triangulation permettent de localiser les sources d'émission.

2.2. LIMITES DES MÉTHODES USUELLES

Les méthodes citées sont très largement utilisées dans l'industrie et leur champ d'utilisation s'étend.

Chacune a cependant son domaine d'action privilégié

et ne peut prétendre couvrir tous les besoins. Quelles sont leurs limitations ?

— La radiographie est arrivée à un stade d'optimisation très satisfaisant et le souhait des utilisateurs est de s'affranchir des contraintes liées à l'utilisation des films (prix de revient, développement...). C'est pourquoi la radioscopie est en plein essor car elle permet un contrôle à moindre prix, en temps réel et dans les meilleures conditions possibles car l'opérateur a la possibilité d'orienter sa pièce de telle sorte que la détection se fasse dans les conditions les plus favorables malgré une perte de qualité d'image (comparativement à la radiographie).

Comme la gammagraphie (essentiellement utilisée sur chantier) et la neutronographie, ces méthodes sont bien adaptées au contrôle des matériaux homogènes dans lesquels on va vouloir détecter des défauts volumiques.

Pour les défauts plans, le contrôleur aura recours au contrôle ultrasonore.

— Le ressuage et la magnétoscopie sont bien adaptés pour les contrôles en usine, pour les défauts débouchants en surface. Sur les sites les mêmes défauts seront préférentiellement détectés par courants de Foucault ou par ultrasons.

— Les courants de Foucault sont limités aux matériaux conducteurs et aux contrôles de défauts en surface.

— L'échographie ultrasonore est une méthode d'amplitudes, c'est-à-dire que l'écho détecté n'est caractérisé que par la valeur de son amplitude et par sa position par rapport aux deux échos d'interface (écho d'entrée et écho de fond). Or, ce signal est riche d'informations de fréquence et de phase, informations qui sont caractéristiques du réflecteur.

— L'émission acoustique permet la détection et la localisation d'événements, quand le phénomène est net et sans ambiguïté. Or, comme pour l'échographie ultrasonore, le signal reçu est riche de beaucoup d'informations en particulier sur l'endommagement. Malheureusement les connaissances actuelles sont insuffisantes pour une utilisation plus rationnelle de cette technique.

3. La recherche

3.1. LA RECHERCHE TECHNOLOGIQUE

Elle conduit à la réalisation de machines spéciales très adaptées à leur fonction.

Les industriels utilisateurs initient et financent ce type de recherche-développement qui vise directement la rentabilité économique.

3.2. LA RECHERCHE DE BASE

Face à notre défaut type défini précédemment, il n'y a pas de solution pratique actuelle pour le détecter dans des conditions « économiques ». Il faut donc

faire appel à des moyens nouveaux pour atteindre cet objectif.

3.2.1. Le traitement du signal

C'est un domaine très important de la recherche sur les CND. Nous distinguerons deux aspects : le traitement d'images et l'analyse du signal.

3.2.1.1. Le traitement d'images

La présentation des résultats, dans la plupart des méthodes, est faite sous forme d'une image ce qui a l'avantage d'associer au détecteur performant qu'est l'œil, les capacités de traitement du cerveau humain qui sait corrélérer, détromper, mettre en mémoire les informations. Sur le plan de la performance, cette chaîne d'exploitation est bonne. Cependant l'opérateur humain a des limites propres, liées à la subjectivité, à la fatigue, à la cadence...

Pour automatiser, il faut d'abord numériser et ensuite appliquer des algorithmes de traitement adaptés. Le problème fondamental actuel est de pouvoir assurer à l'utilisateur que l'opération de numérisation n'a pas dégradé l'information.

Dans le cas du CND les algorithmes de traitement permettent, en radiographie, par exemple, de renforcer une image et de rendre visible sans ambiguïté une information qualifiée de très ténue (c'est-à-dire détectable seulement pour un œil exercé).

Une limitation actuelle pour une utilisation en temps réel reste encore le temps de traitement [1].

3.2.1.2. L'analyse du signal

Les outils du traitement de signal sont : le filtrage, la convolution et la corrélation, la transformation de Fourier...

On distingue plusieurs modes de traitement : analogique, échantillonné, numérique.

En échographie ultrasonore, l'opérateur ne s'occupe que de savoir si il y a signal ou pas. Très peu de travaux ont été faits en France pour décomposer le signal d'écho et rechercher les paramètres caractéristiques de la cible. La difficulté du problème est grande car il semble que les outils cités plus haut ne permettent pas de différencier les échos, dans le cadre d'une analyse dite classique.

Il faut rechercher d'autres paramètres caractéristiques en considérant par exemple une analyse dans un espace temps-fréquence, analyse qui semble, sur matériaux composites, renseigner sur la nature et le type de défaut rencontré.

Pour faire une bonne analyse du signal, il faut pouvoir disposer de modèles permettant de décrire la propagation des ondes ultrasonores dans les différents milieux à contrôler.

Déjà, des travaux visant à corriger les signaux des effets de diffraction dans les matériaux bruiteux donnent des résultats encourageants [2].

Pour la détection de petits défauts sous la surface, une méthode par minimisation des erreurs quadratiques moyennes a permis un gain appréciable (résolution

inférieure à 0,5 mm sous la surface avec un transducteur commercial moyen) [3].

3.2.2. L'échographie ultrasonore

Les impératifs fixés par les utilisateurs sont une grande productivité, une bonne résolution latérale et longitudinale, une bonne sensibilité de détection.

Toutes ces performances sont difficiles à atteindre simultanément aussi de nombreuses méthodes connexes ont-elles été développées, suivant les applications. On peut citer les différents modes d'imageries qui sont utilisés : imagerie dite de type B ou la coupe représentée est l'intersection du plan faisceau incident et du plan de la pièce, et l'imagerie de type C où la coupe représentée est celle perpendiculaire au faisceau incident.

On peut citer encore la microscopie acoustique qui utilise des transducteurs focalisés fonctionnant à très haute fréquence (entre 100 MHz et 1 GHz suivant les applications) [4].

La tomodynamométrie ultrasonore qui est un autre moyen d'obtenir une image d'une coupe de l'objet à étudier.

Pour améliorer les différentes résolutions spatiales et temporelles il faut disposer de transducteurs performants quant à leur réponse impulsionnelle et à leur sensibilité.

Une bonne réponse impulsionnelle s'obtient en optimisant l'amortissement. Pour cela, il faut jouer sur plusieurs paramètres :

- le backing qui est l'amortisseur arrière sur lequel est collée la pastille piézoélectrique;
- les faces avant, qui sont des lames 1/4 d'onde qui permettent une adaptation d'impédance avec le milieu de couplage [5] [6];
- le matériau piézoélectrique qui doit satisfaire à certaines conditions sur les coefficients de couplage mécaniques et électromécaniques (amortissement transversal important, bonne conversion électromécanique, faible impédance) (métaniobate de plomb, titanate de plomb) [7].

Pour améliorer la productivité, l'utilisateur souhaite substituer le balayage électronique au balayage mécanique. Pour cela, les transducteurs multiéléments sont bien adaptés. Cependant, pour le contrôle non destructif des matériaux peu sont utilisés car il est difficile d'associer à une configuration technologique complexe les qualités évoquées plus haut. Il reste encore beaucoup de travail à faire... [8].

3.2.3. Les ondes ultrasonores de surface

Elles sont peu employées en CND car leurs caractéristiques sont peu connues, en particulier les phénomènes de rétrodiffusion dans le cas des ondes de Rayleigh et des ondes de Lamb. D'autres types d'ondes telles les ondes de Scholte et de Stoneley devraient faire l'objet d'études fines car elles sont peut être une alternative aux problèmes de contrôle des collages [9] [10].

3.2.4. Les méthodes nouvelles

Compte tenu de la diversité croissante des cas de contrôle l'opérateur doit pouvoir disposer d'un maximum de méthodes lui permettant de s'adapter.

Les méthodes nouvelles répondent en partie à ces besoins.

3.2.4.1. Tomodynamométrie ultrasonore

Sœur jumelle du tomodynamomètre à rayons X, cette méthode lui est complémentaire.

Elle nécessite encore de nombreux travaux de recherche pour en évaluer les performances compte tenu des limitations propres à la propagation des ultrasons dans des matériaux de forte impédance (problème de réfraction) [11].

3.2.4.2. Utilisation des ondes thermiques pour la caractérisation des matériaux

Le principe en est qu'une source d'énergie modulée ou pulsée (électrons, laser...) excite la face avant de l'échantillon en totalité ou partiellement.

Les phénomènes thermomécaniques engendrés dans celui-ci ou dans le milieu environnant sont détectés soit en face avant, soit en face arrière (détecteurs acoustiques, thermiques ou optiques) [12].

Les procédés de détections acoustiques conduisent aux méthodes dites photo-acoustiques (mesure des variations de pression du gaz environnant) ou thermoacoustique par détection de l'onde de pression par un capteur piézoélectrique adhérent à l'échantillon.

Les mesures optiques conduisent à plusieurs méthodes :

- mesure de l'échauffement par thermographie infrarouge;
- mesure des déformations thermomécaniques de l'échantillon soit par réflexion laser, soit par interférométrie;
- mesure de l'échauffement du gaz sur la face avant par effet mirage (déflexion d'un faisceau laser de mesure) [13].

La tomothermographie est une idée de méthode nouvelle qui consiste à détecter le rayonnement thermique dans la bande des micro-ondes et à faire ainsi des thermographies à cœur des matériaux. Dans cette bande de fréquence, l'absorption du rayonnement par le matériau est faible, ce qui permet de détecter les points chauds avec une plus grande précision qu'en thermographie classique.

3.2.4.3. La polarimétrie acoustique

La plupart des matériaux possèdent une anisotropie élastique soit résiduelle, soit provoquée par une sollicitation mécanique. Cette anisotropie se traduit par une biréfringence acoustique dont il est possible de mesurer les paramètres. Cela peut être fait de deux façons : soit en mesurant directement les variations de vitesse de propagations sous l'effet de la sollicitation, soit en mesurant le déphasage entre les vibrations se propageant sur l'axe lent et sur l'axe rapide [14] [15].

La réalisation d'un appareil de mesure permettant de connaître avec précision la valeur des contraintes réelles auxquelles sont soumises les pièces en service est un événement attendu avec impatience par de nombreux utilisateurs industriels.

3.3 LES ACTEURS DE LA RECHERCHE EN CND EN FRANCE

3.3.1. *Les centres industriels*

L'industrie Nucléaire est numériquement la mieux représentée. Le volume important de pièces à contrôler lié au programme d'équipement d'EDF a nécessité un important effort de développement suivant deux axes principaux :

- le contrôle à la construction, des chaudières et des échangeurs;
- le contrôle en service qui est soumis à des contraintes différentes et nécessite des moyens spécifiques (machines d'intervention en milieu irradié, problèmes d'accessibilité...).

Pour répondre à ces besoins, les organismes et sociétés concernés (CEA, EDF, Framatome) ont créé des sociétés filiales dont la mission est le développement d'appareillages et la prestation de service en CND (Société Intercontrôle, Cerend, Framatome).

L'Industrie Aéronautique de la même façon conçoit et fait réaliser les dispositifs dont elle a besoin par exemple une machine de contrôle des propulseurs par holographie, les machines à jet d'eau pour le contrôle des composites, les machines de contrôle automatique des aubes de turbine, par ressuage.

Les deux domaines principaux concernés sont les cellules (SNIAS, Avions Marcel Dassault), et les moteurs (SNECMA, Turbomeca).

Les centres techniques professionnels tels le Centre Technique des Industries Mécaniques (CETIM) ou l'Institut de Recherche de la Sidérurgie (IRSID) ont des actions particulières auprès de leurs commettants. Une partie de leurs activités est effectuée sur contrats d'études générales. C'est ainsi qu'ils sont à l'origine de méthodes originales de contrôle telles la mesure des propriétés mécaniques des traitements de surface par utilisation des ondes de Rayleigh, ou la mesure des contraintes par effet Barkhausen.

Les professionnels du contrôle non destructif, fabricants et vendeurs de matériel, sont peu nombreux en France.

La Société Hotchkiss Brandt Sogeme (HBS) a repris les activités de CND de la Compagnie Générale de Radiologie, et s'efforce de maintenir en France une industrie du CND.

3.3.2. *Les centres universitaires*

Sous la pression de la demande, quelques laboratoires d'Écoles d'ingénieurs et d'universités se sont intéressés au contrôle non destructif des matériaux; on peut citer :

- le Laboratoire d'Ultrasons et de Traitement du Signal de l'Institut National des Sciences Appliquées

de Lyon (INSA) qui est le seul centre universitaire à délivrer un diplôme d'études supérieures en CND;

- le Laboratoire de Ferroélectricité de l'INSA qui met au point des composés piézoélectriques;
- le Laboratoire d'Acoustique et de Traitement du Signal de l'Université de Technologie de Compiègne qui a fait un modèle décrivant le fonctionnement de transducteurs piézoélectriques;
- le Groupe de Physique du Solide de l'Université Paris-VII qui s'intéresse aux ondes ultrasonores de surface;
- le Laboratoire de Mécanique de l'Université Paris-VI, orienté vers l'imagerie ultrasonore;
- le Laboratoire de Recherches Physiques de l'Université Paris-VI qui se préoccupe de polarimétrie acoustique;
- le Laboratoire d'Optique Physique de l'École Supérieure de Physique et Chimie de Paris qui travaille sur les méthodes photothermiques;
- les Laboratoires d'Ultrasons et des Matériaux de l'École Supérieure des Arts et Métiers (ENSAM), qui travaillent sur les transducteurs ultrasonores et la mesure des contraintes dans les matériaux;
- le Laboratoire de Mécanique Physique de l'Université de Bordeaux-I qui s'intéresse à la propagation des ultrasons dans les composites;
- le Laboratoire d'Ultrasons de l'Université de Strasbourg qui s'intéresse aux sondes ultrasonores à focalisation électronique;
- le Laboratoire d'Optique-Acoustique-Electronique de l'Université du Hainaut-Cambresis à Valenciennes;
- l'École Centrale de Paris.

Cette liste n'est pas exhaustive mais mentionne les laboratoires dont les CND sont l'un des sujets dominant et sur lequel des générations de thésards ont travaillé.

3.3.3. *Les organismes d'État*

Ce sont essentiellement les organismes sous tutelle militaire qui possèdent quelques laboratoires préoccupés de CND. On peut citer parmi les principaux :

- l'Établissement Technique Central de l'Armement dont l'activité est actuellement orientée essentiellement vers les ultrasons et la tomodynamométrie par rayons X;
- l'ONERA ne possède pas d'équipes travaillant sur le contrôle non destructif en tant que tel, mais a des compétences en thermique. Les méthodes photothermiques et tomothermographiques nécessitant quelques études théoriques de base, l'ONERA est bien placé sur ce créneau;
- le Centre d'Essais Aéronautique de Toulouse (CEAT) ne fait pas de recherches de base mais possède des moyens d'essais importants qui permettent de suivre dans des conditions très favorables aux études, une grande quantité de défauts de toutes natures, puisque la vocation de ce Centre est de casser des avions.

4. L'action des Pouvoirs Publics

4.1. LE MINISTÈRE DE LA RECHERCHE ET DE LA TECHNOLOGIE (MRT)

La Mission Scientifique et Technique du MRT (MST) gère plusieurs actions incitatives envers la recherche.

- Les actions concertées, de volume unitaire limité, consistent en des subventions destinées à développer une large coopération entre des équipes différentes sur des objectifs considérés comme prioritaires. Ces actions tendent actuellement à se réduire.

- Les contrats de programmes d'un montant plus élevé que les actions concertées, consistent à confier à des organismes publics ou privés la gestion de certains programmes de recherche à exécuter avec plusieurs coopérants.

- Les actions spécifiques: il s'agit de procédures souples permettant des interventions directes du MRT pour financer des actions ponctuelles.

Le problème des laboratoires est souvent de disposer du personnel compétent pour faire la recherche et aussi de voir transférer vers l'utilisateur le résultat des travaux. Les Contrats Industriels de Formation par la Recherche (CIFRE) gérés par l'ANRT (Association Nationale pour la Recherche Technique) ont été créés en 1981.

Ces contrats permettent de mettre en place, sur des sujets intéressant une entreprise, un chercheur, salarié de l'entreprise, travaillant dans un laboratoire extérieur (public ou parapublic de recherche) pour préparer une thèse du type Docteur-Ingénieur.

L'ANVAR (Agence Nationale pour la Valorisation de la Recherche) soutient des projets industriels tournés vers l'innovation. Son aide peut faire suite très logiquement à un travail effectué sur contrat CIFRE quand celui-ci a abouti à la définition d'un matériel industrialisable.

Il ne faut pas oublier pour les entreprises industrielles faisant de la recherche, les incitations fiscales. Elles sont:

- le crédit d'impôt lié à l'augmentation des dépenses de recherche-développement. Il représente 25% du montant de l'accroissement de l'effort de recherche, que le travail ait été effectué dans l'entreprise ou bien sous-traité dans des laboratoires extérieurs;

- des mesures pour encourager les actions communes (réduction de droits, amortissements exceptionnels).

TABLEAU extrait du Projet de Loi des Finances pour 1985
Évolution du nombre d'aides publiques à la formation par la recherche

	1981	1982	1983	1984	1985
Allocations de recherche					
MRT	1 500	1 600	1 800	1 900	1 900
Contrats CIFRE	50	150	180	360	360
Bourse de					
Docteurs-Ingénieurs	90	90	90	130	130
Autre bourses publiques	210	310	310	310	310
TOTAL (flux annuel)	1 850	2 150	2 180	2 700	2 700

4.2. LE CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Le CNRS a le souci de favoriser le rapprochement de ses laboratoires avec les entreprises industrielles. Les CND sont un domaine privilégié pour ce type de collaboration. On distingue deux types d'actions principales:

- les contrats de collaboration de recherche liant un laboratoire et une entreprise sur un programme de recherche à court ou à moyen terme;

- les Groupements d'Intérêt Scientifique (GIS).

Le GIS est une structure souple permettant de réunir sur un programme de recherche précis, plusieurs laboratoires du CNRS, une ou plusieurs entreprises et éventuellement d'autres participants. L'objectif est de réunir les compétences et les moyens suffisants pour l'exécution du programme, coordonner les équipes qui y travaillent, assurer la diffusion et le transfert des résultats.

4.3. LE MINISTÈRE DE LA DÉFENSE. LA DIRECTION DES RECHERCHES, ÉTUDES ET TECHNIQUES (DRET)

Sur le tableau I, sont reportées les actions de la DRET.

La politique suivie fait une large place à la recherche de base. Pour améliorer les performances des CND, nous avons vu qu'il fallait sortir des sentiers battus et mettre en œuvre des techniques nouvelles. Il faut pouvoir proposer à l'ingénieur contrôleur les outils qui lui sont nécessaires.

C'est ce que la DRET tente de faire à travers son action en faveur des CND.

5. La valorisation des connaissances acquises

Les recherches de base sont un préliminaire indispensable à tout travail de développement sérieux. Elles ne sont pas une fin en soi et doivent déboucher sur des actions concrètes.

Cela pose le problème de la transmission des connaissances et de la valorisation des recherches.

Nous avons vu qu'en France, hormis dans le domaine nucléaire, il n'y a pas d'industrie vraiment importante en CND.

Quand une méthode est élaborée ou qu'une amélioration est proposée par un laboratoire de recherche, il est difficile de trouver un industriel de l'instrumentation pour participer à la commercialisation de l'innovation. Les utilisateurs potentiels sont intéressés, mais peu consentent à risquer une mise au point, car, en général, ce n'est pas leur métier.

Cela vient du fait, souvent noté, que le résultat de laboratoire est trop brut, encore trop spéculatif pour vraiment convaincre un financier, sinon un technicien.

Ces observations conduisent aux réflexions suivantes: Le CND étant une activité très finalisée, il faut que

TABLEAU I

Titre des études	Titulaires
Élaboration de céramiques piézoélectriques par coprécipitation de poudres en voie liquide	INSA Lyon, Pr Eyraud
Céramique piézoélectrique en métaniobate de plomb	
Céramique piézoélectrique à faible couplage transversal K 31	
Modélisation du comportement d'une chaîne de contrôle par ultrasons	INSA Lyon, Pr Perdrrix
Contrôle par ultrasons du titane	
Modélisation et amélioration technologique des transducteurs ultrasonores	UTC, Pr de Belleval
Détection de défauts proches de la surface par échographie ultrasonore	Pr Chrétien
Étude des mécanismes fondamentaux de l'émission acoustique et mise au point des techniques de traitement du signal	Pr Gaillard
Réseau annulaire de transducteurs ultrasonores adaptés à la focalisation poursuite digitale	Université Louis-Pasteur
	Pr Fink
Réseaux linéaires de transducteurs pour la focalisation électronique ultrasonore	Université Paris-VI, Pr Alais
Étude des comportements statiques et dynamiques des matériaux pour polarimétrie acoustique	Université Paris-VI
	Pr Zarembowitch
	+Sté TEI, M. Clausin
	+ENSAM, M. Maeder
Étude de l'interaction ultrasons-solides élastiques à l'angle de Rayleigh	
Étude comparative des effets observés en rétrodiffusion à l'angle de Rayleigh et aux différents angles de Lamb	Université Paris-VII, Pr Quentin
Étude des matériaux par tomodensitométrie X	LMA M. Cagnasso
Ferrographie. Contrôle de l'apparition des avaries dans les mécanismes lubrifiés	
Contrôle des céramiques thermomécaniques	Sté Turbomeca, M. Brun
Suivi de l'endommagement des matériaux par mesure de l'atténuation des ondes de Rayleigh	
Microscopie acoustique appliquée à l'étude du comportement en rupture de pièces en céramique	CGE, M. Dumas
	Armines, M. Broussaud
	Université Valenciennes
	M. Nongaillard
	SNIAS/LC, M. Odorico
	UTC, M. de Belleval
	SNIAS/AQ, M. Le Floch
	Université Bordeaux-I, Pr Roux
	Sté Métalisation
	et Traitements Optiques (MTO),
	M. Bel
Identification des défauts d'une structure composite carbone résine	
Contrôle non destructif des composites carbone/carbone 3D	
Système endoscopique pour le contrôle sans démontage de réducteurs de vitesse	

tout laboratoire de recherche se fixe comme objectif la résolution d'un problème précis défini avec un interlocuteur industriel. Cet objectif n'empêche pas la modélisation et le travail fondamental, il évite de perdre de vue le but poursuivi et permet surtout d'acquiescer auprès de l'industrie la crédibilité sans laquelle tout effort de transfert technologique est vain.

Les actions dans le cadre des GIS ont ce but : faire collaborer les protagonistes aux mieux de leurs intérêts réciproques.

Cependant les actions citées sont peut-être encore insuffisantes. Il semble manquer en France une structure fédérant les actions de recherche en CND. Nous avons vu à l'énoncé de la liste des différents laboratoires qu'il y a dispersion géographique et surtout structurelle. Chaque unité de recherche agit pratiquement indépendamment des autres, cela nuit certainement à l'efficacité et à la crédibilité.

6. Conclusions

La recherche Française en contrôle non destructif est vivante et de bonne qualité.

Pour croître et s'adapter à la demande, elle doit s'organiser. Elle doit s'organiser aussi pour mieux couvrir tout le champ des nécessités (recherche amont et développement) et permettre à l'industrie des CND de vivre en diffusant des matériels novateurs et performants.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] M. V. DUTRON et M. GIRARD, Traitement numérique de radiographies industrielles, Rapport final, contrat ETCA n° 82554 JLV/PE de novembre 1983.
- [2] J. F. CARDOSO, Analyse spectrale instantanée en échographie ultrasonore quantitative. Mesure de l'atténuation. Correction de diffraction, Thèse, Faculté des Sciences Paris-VI, 16 décembre 1983.
- [3] J. F. DE BELLEVAL et GAILLARD, Amélioration de la résolution de détection de défauts proches de la surface par des techniques de traitement du signal, Contrat DRET/UTC n° 83/130.
- [4] H. SAISSE, H. FEVRIER, B. NONGAILLARD, L. CAMUS, D. BROUSSAUD et J. LAMON, Application de la microscopie acoustique à l'étude du comportement en rupture des pièces céramiques, Rapport final, contrat DRET/CGE n° 82/330.

- [5] D. LECURU, Modélisation de transducteurs ultrasonores à face avant multicouches, *Thèse*, 23 novembre 1983, UTC (travaux financés sur contrat DRET/UTC n° 82/189).
- [6] Y. JAYET et M. PERDRIX, Modélisation du comportement d'une chaîne de contrôle ultrasonore, Contrat DRET/INSA de Lyon n° 82/184.
- [7] L. EYRAUD, Céramique piézoélectrique en métaniobate de plomb pour contrôle non destructif ultrasonore, Contrat DRET/INSA de LYON n° 83/163.
- [8] M. FINK, Réseau annulaire de transducteurs ultrasonores à focalisation poursuite digitale, Contrat DRET/Université Louis-Pasteur de Strasbourg n° 83/086.
- [9] G. QUENTIN et M. DE BILLY, Étude de l'interaction ultrasons solides élastiques à l'angle de Rayleigh, Contrat DRET/Université Paris-VII n° 82/186.
- [10] G. QUENTIN et M. DE BILLY, Étude comparative des effets observés en rétrodiffusion à l'angle de Rayleigh et aux différents angles de Lamb, Contrat DRET/Université Paris-VII n° 84/130.
- [11] J. F. GREENLEAF, Computerized Tomography with ultrasound, *Proceeding of the IEEE*, 71, n° 3, mars 1983.
- [12] D. FOURNIER et A. C. BOCCARA, Imagerie photo-acoustique et photothermique, Rapport DRET/AEPA n° 80/043.
- [13] F. LÉPOUTRE, D. FOURNIER et A. C. BOCCARA, Contrôle de soudure par effet mirage, 3^e Conférence Européenne sur les essais non destructifs, Florence, 15-18 octobre 1984.
- [14] J. ROUGE et A. ROBERT, Acousto-élasticimétrie, Rapport final du contrat DRET/THOMSON CSF n° 77/292.
- [15] KELIFA, T. DAAMI, ZAREMBOWITCH et MAEDER, Polarimétrie acoustique, Contrat DRET/TEI n° 83/514.