Zeitschrift: Horizons : le magazine suisse de la recherche scientifique
Herausgeber: Fonds National Suisse de la Recherche Scientifique
Band: - (2001)
Heft: 50

Artikel: La peinture parle
Autor: Bührer, Michel
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-556110

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 04.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

La peinture parle

TEXTE ET PHOTOS MICHEL BÜHRER

Un turboréacteur déplace de l'air, c'est connu. Ce qui l'est moins, c'est de quelle manière, car les pressions sur les pales de l'engin sont difficiles à mesurer. Or, elles peuvent révéler de graves défauts. A l'EPFL, un groupe de chercheurs tente d'en savoir plus au moyen d'une peinture qui permet de «lire» la pression de l'air.

« Nous n'avons rien inventé », avertit d'emblée le professeur Albin Bölcs, directeur du Laboratoire de thermique appliquée et de turbomachines (LTT) à l'EPFL. «Nous avons utilisé un produit connu, la peinture sensible à la pression de l'air, nous avons adapté son usage au domaine des turbomachines et mis au point un logiciel qui interprète les données.» «Nous», hormis le professeur, c'est principalement Patrick Steiner, ingénieur mécanicien, dont Albin Bölcs a dirigé la thèse consacrée à ce sujet.

La «peinture sensible à la pression de l'air» (ou PSP pour Pressure Sensitive Paint) est en effet connue depuis les années 1980 en Union soviétique. Si elle a été créée à l'origine pour tenter de soustraire les avions aux radars, ses propriétés ont rapidement été utilisées pour étudier l'écoulement de l'air en aéronautique. En 1990, après la chute de l'URSS, elle a fait partie des innombrables inventions et techniques commercialisées en Europe de l'Ouest. Son fabricant, le laboratoire TsAGI, à Moscou, a conclu un accord avec une entreprise italienne, Inteco, qui l'a diffusée. Aux Etats-Unis, des recherches similaires ont été entreprises dès 1989. Les travaux de l'EPFL ont été menés en collaboration avec l'Institut aéronautique allemand (DLR) à Göttingen, mais, durant longtemps, avec la technologie russe.

La pression en couleur

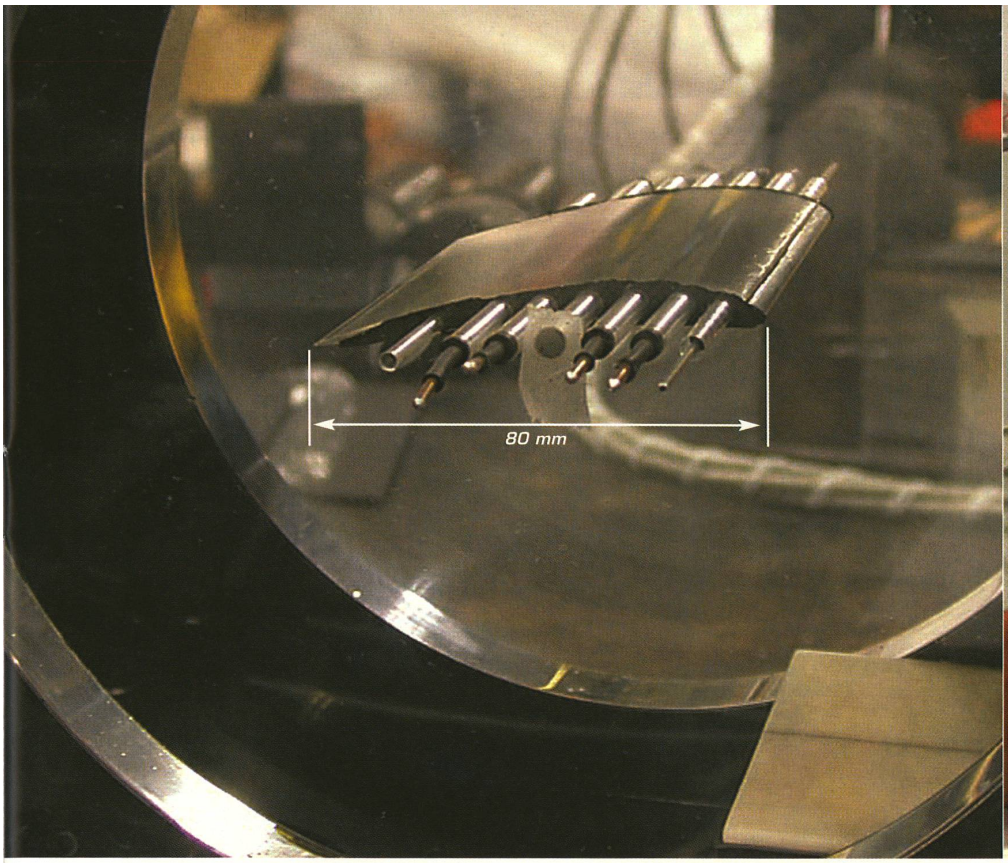
Le principe est relativement simple, et l'expérience se déroule sur un modèle peint placé en soufflerie: la peinture contient des molécules luminescentes (ou lumiphores) qui ont la propriété de capter l'oxygène en fonction de la pression. Soumise à un certain éclairage (laser ou, en l'occurrence, lampe au xenon), la peinture renvoie une lumière dont l'intensité en luminescence dépend de son contenu en oxygène, lui-même proportionnel à la pression. Cette luminescence est captée par une caméra numérique. Une fois le système calibré (à température et pression connues), il ne reste plus qu'à attribuer une gamme de couleurs à l'échelle d'intensité de lumière pour visualiser et étudier le résultat sur ordinateur.

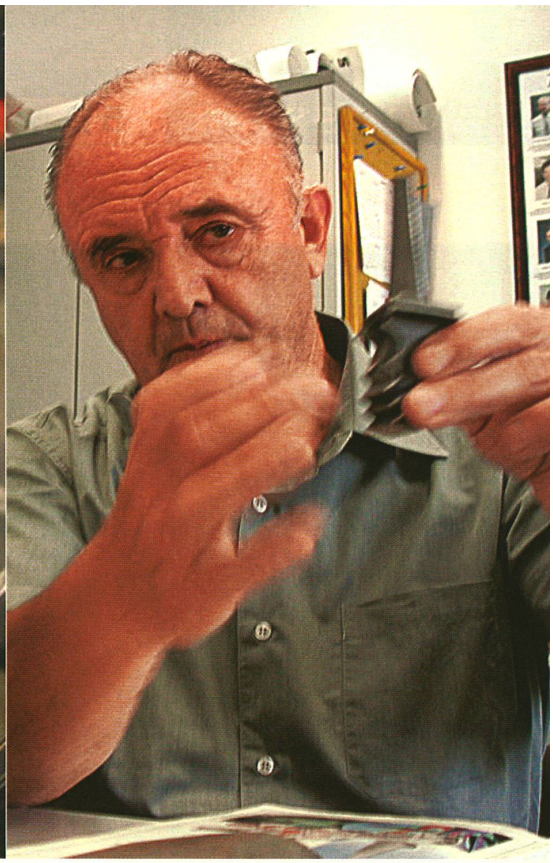
Les avantages de la technique PSP sont immenses: jusqu'alors, on perçait de minuscules trous dans les modèles à tester en soufflerie. Ces trous étaient reliés par des canaux, puis par des tubes, à des instruments qui mesuraient la pression. Il fallait d'une part déterminer les points de mesure à l'avance (et la mesure ne se fait qu'aux points choisis); d'autre part, cette méthode n'était applicable qu'aux objets suffisamment épais pour supporter d'être «tubés». «Or, une pale de turbomachine peut être mince de quelques millimètres», rappelle Albin Bölcs. «La peinture, elle, donne des informations sur toute la zone couverte, quel que soit le type de pièce à étudier. Et elle est nettement moins chère.»

Adaptation aux turbomachines

La méthode PSP est ainsi largement utilisée dans tous les domaines de l'aéronautique, où l'étude des flux d'air est fondamentale (par exemple, pour tester la portance d'une aile d'avion). Le but de l'EPFL est de transposer cette méthode aux turbomachines, un monde autrement complexe. «Cela ne se fait encore nulle part», continue Albin Bölcs. «Dans une turbomachine, chaque pale subit l'influence de ses voisines, le tout en mouvement, sous pression changeante. La compréhension des écoulements d'air est très difficile. Il faut savoir que dans un réacteur de DC-10, la vitesse relative de l'air à la tête de l'aube est équivalente à une fois et demie la vitesse du son!»

En d'autres termes, dans une turbomachine, la plupart des écoulements de fluides provoquent des pressions dites «instation-





Le professeur Albin Bölcs teste les effets de la pression à l'aide de la technique du PSP sur un modèle placé en soufflerie.

naires», c'est-à-dire qu'elles varient dans le temps. Si la technique PSP permet de mieux connaître la physique de l'écoulement de l'air, ses résultats demeurent dans ce cas approximatifs (mais «raisonnablement fiables»), puisqu'on les applique à des pressions stationnaires. «En pression instationnaire, on utilise aujourd'hui des capteurs à membranes qui valent $1500 pièce, et il en faut typiquement une vingtaine pour un test. Si on pouvait les remplacer par de la peinture, ce serait formidable…», rêve le directeur du LTT. Celle-ci devrait résister à de fortes chaleurs, avoir une adhérence supérieure, mais surtout bénéficier d'un temps de réaction beaucoup plus rapide que le matériau actuel. Cette peinture n'existe pas encore. La modélisation numérique vient alors à la rescousse. Très performante, mais pas toujours fiable. Les tests approfondis sur la peinture doivent aussi aider à vérifier la validité de ces calculs.

Sûreté et économie

Dans le domaine des turbomachines, la recherche sur la méthode PSP a donc un intérêt par ricochet, pour ainsi dire. Tous les tests en soufflerie ont été effectués, sur le même échantillon, en utilisant la mesure par points et la mesure par PSP. Cela a permis de confirmer la précision et la supériorité de la peinture, puisqu'elle a donné des indications impossibles à obtenir par les seuls points. Une fois la technique PSP validée, on peut la comparer aux calculs numériques pour en améliorer la fiabilité. Le travail de thèse a eu pour objet de développer un logiciel propre (indépendant des sources russes) qui permet d'exploiter le résultat des mesures. L'ensemble des instruments de calibrage, d'enregistrement et d'interprétation des informations a été rassemblé sur un rack qui offre une utilisation rationnelle.

Sans même parler de catastrophes (le «flottement» des pales peut effectivement provoquer leur rupture), les vibrations induites par les flux d'air non maîtrisés dans une turbomachine ont des effets néfastes sur leur fonctionnement et leur durabilité: «La charge principale d'un Boeing au décollage, c'est le kérosène», rappelle Albin Bölcs. «En améliorant l'efficacité et la longévité des réacteurs, on agit sur leur consommation, leur bruit et leur sûreté. Les nouveaux réacteurs, associés à une meilleure connaissance de l'écoulement des flux, ont déjà fait baisser la consommation des avions de 30%.» De même, le rendement des meilleures turbines à gaz plafonne à 38%, le reste est perdu en chaleur et en frottement.

L'importance d'améliorer ces performances étant largement reconnue, le LTT est en contact régulier avec un réseau de centres de recherche et d'industries dans le monde. La technique PSP ne constitue d'ailleurs qu'un aspect des études menées à l'EPFL sur les pressions «instationnaires». Chacune permet de tester la valeur des autres. ■