

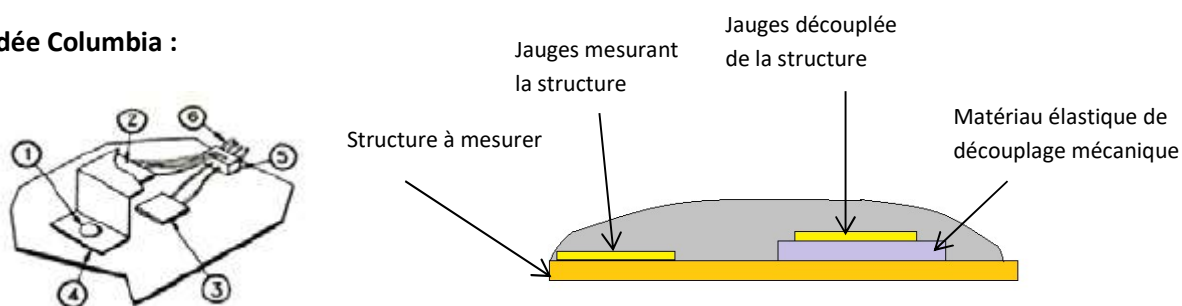
Capteurs de mesure de fatigue

Chacun sait ce qu'apporte un collage de jauges de déformations et la plupart des colleurs de jauges reconnaissent que ce travail ne doit rien céder à l'improvisation. Bien sûr, les gestes et techniques utilisés pour le collage relèvent d'une technicité qui n'est pas à la portée du premier venu.

Les experts savent coller, compenser en température, câbler et protéger les jauges, le nombre de manipulations est considérable, le temps passé important et la mesure dépend de l'expertise de spécialiste. Naturellement le collage de quelques ponts ne représente pas un coût excessif et le développement d'un ' capteur ' spécifique relèverait de l'hérésie commerciale. En revanche, de multiples opérations sur une structure imposante comme celle d'un avion ne relève pas de la même réflexion. Les opérations visant à l'instrumentation sont multipliées de telle sorte que les coûts sont rapidement très importants.

Le développement de ' capteurs ' par Columbia représente un gain de temps et d'énergie considérable lors d'instrumentations.

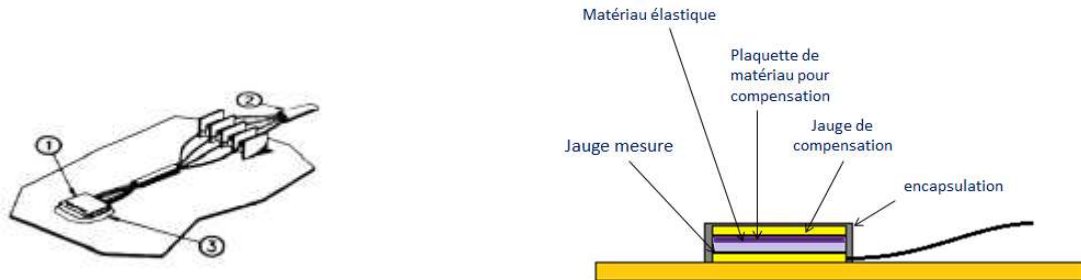
L'idée Columbia :



L'instrumentation ' à l'ancienne ' consiste à découpler une jauge active d'une jauge passive pour réaliser, grâce à la jauge passive une compensation. Les modes de réalisations différents mais, dans l'ensemble, l'idée est de découpler une jauge passive de la structure. Sur l'illustration ci-dessus, un moyen mécanique est riveté (1) sur la structure, un découplage mécanique avec un matériau élastique permet de positionner une pièce de même nature que la structure d'épreuve mais en s'affranchissant des déformations mécaniques. Les jauges passives (2) sont implantées sur le matériau supplémentaire découplé. Les jauges actives (3) sont collées sur la structure à mesurer. Les jauges passives sont montées sur la structure découplée des efforts (4). Les raccordements électriques (5) sont soudés à un bloc de raccordement. L'ensemble du montage est recouvert d'un matériau de protection (6). Il faut donc 6 opérations pour réaliser un capteur avec un soin particulier pour le positionnement de chaque jauge, individuellement, puis un lot de tests et de manipulations particulières pour étalonner l'ensemble.

Le concept n'est pas neuf et, la plupart du temps, est réalisé sur site.

Puisque l'empilage est connu, le matériau de la structure identifié avec précision et les opérations dûment référencées chronologiquement, il n'existe pas d'interdiction à réaliser l'ensemble des assemblages en laboratoire, de tester et étalonner chaque capteur pour offrir un produit fini.



L'ensemble des opérations consiste à concentrer le capteur dans un petit volume. L'empilage jauges découplage, plaquette de même matériau de jauges de compensation permet de construire le capteur dans un volume très petit (1). Le câblage est ramené sur une extrémité du capteur (2) et l'ensemble est protégé par un matériau étanche. Le tout est testé et étalonné en labo.

Techniquement, les capteurs de fatigue sont conçus pour offrir un niveau maximum de précision et une intégrité mécanique dans un volume minimal. Les quatre fils gainés Téflon suppriment les raccordements difficiles et consommateurs de temps, indispensables usuellement lors de ces installations. L'encapsulation finale dans un matériau étanche et élastique protège extrêmement des agressions de l'environnement.

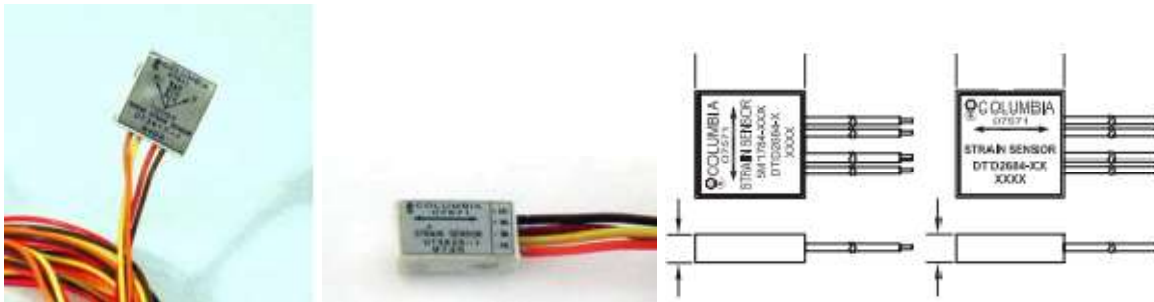
Ce n'est pas un scoop, les jauges remplacent en bien mieux les moyens accélérométriques de mesures de fatigue quelle que soit la mission, l'environnement ou les masses pour la surveillance d'avions tactiques. Les zones critiques comme structures aéroporées, surfaces d'ailes et fuselages sont surveillées plus simplement pour détecter des dommages potentiels induits par la fatigue en tenant compte des manœuvres sous fortes accélérations et des atterrissages générant de fortes contraintes.

Le concept robuste permet une instrumentation rapide. L'avantage est naturellement lié à l'usage de plaquettes de mêmes matériaux que les structures à surveiller. Le signal de sortie de deux jauges actives confère au ' capteur ' une grande sensibilité et par voie de conséquence une meilleure précision. La jauge passive compense les effets de la température et par voie de conséquence offre une meilleure stabilité pour la dérive du zéro. Dans la mesure où le montage est en pont complet, le conditionnement peut être réalisé simplement donc à peu de frais pour restituer une mesure précise.



On note sur l'illustration précédente (deux capteurs pour Airbus) que chaque capteur est livré avec sa fiche d'étalonnage.

Différentes configurations

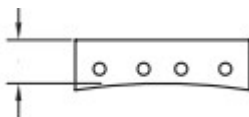


Les modèles DTD2684 sont conçus avec différents axes de mesure et pour différents matériaux : Aluminium 7075-T6 ou 7050-Y76651 IVD – Acier AISI 413D ou HP9-4-2D, Titane TI-6AL-4V trempé, Carbone Epoxy MMS 549 Type 1

Les modèles DTD2684 -1, -2, -3, -4, -5 sont qualifiés vol et utilisés depuis les années 80. Les modèles -11, -12, -13, -14 sont similaires au sens d'orientation près.

Les modèles DT 3625 ont été développés pour répondre à un besoin dans des espaces restreints.

Les modèles DT 3747 sont incurvés pour un montage sur des structures non-planes.



Les modèles DT3716 1 allient pont de jauges et mesure thermique, ils sont prévus pour des surfaces planes alors que les modèles DT3715 1 sont similaires mais prévus pour des surfaces incurvées.

Enfin, les modèles DT3617 1 sont des rosettes à 90 degrés.

Les différentes configurations répondent à des besoins exprimés en aéronautique. Il est possible de réaliser des capteurs 'à la demande' sous réserve de quantités minimales.

L'ensemble des capteurs, excepté les rosettes, couvre la plage de mesure -3500 to +5000 $\mu\epsilon$ avec une sensibilité de 1.025 mV/V/1000 $\mu\epsilon$ pour une alimentation de 10.0 VDC. Les rosettes s'alimentent de même façon et possèdent une sensibilité identique mais la plage de mesure est de $\pm 2000 \mu\epsilon$. Les ponts sont de 1000 Ω +/- 2 % ; l'erreur de linéarité est de +/- 0,5 % max., le décalage de zéro est de 0,5 mV/V max., l'hystérésis et la fidélité sont de +/- 0,013 % max.

Là où le capteur prend tout son sens, c'est au niveau des dérives thermiques. La dérive de la sensibilité est de +/- 0,007 %/°C et pour le zéro +/- 13,89 $\mu\text{V/V}/^\circ\text{C}$.

Le fluage est inférieur à 0,5 % ; 5 minutes pour 5000 $\mu\epsilon$.

En terme d'environnement, les capteurs fonctionnent de - 54°C à + 125°C. Ils supportent 30 g en vibration dans la plage 10 Hz à 2 KHz et 100 g pendant 11 ms en choc.

Les instruments répondent aux normes MIL-STD-202 méthode 103 B pour l'humidité, MIL-STD-202 méthode 101D (soit 168 heures) en terme de résistance aux projections salines et MIL-STD-202 méthode 111A pour l'inflammabilité.

Les capteurs résistent à court terme à l'exposition aux carburants, huiles de lubrification et fluides hydrauliques.

Qualifications

Les capteurs de fatigue Columbia ont été, entre autre, validés par Boeing et Mac Donnel Douglas voilà plusieurs années. Des procédures de qualification ont été réalisées, par exemple pour Airbus en juin 2015 et Columbia dispose de l'ensemble des rapports de tests et qualification (pour certaines références).

NOTICE

THIS DOCUMENT IS
DISTRIBUTED AS A SERVICE TO
USERS OF THE COLUMBIA
RESEARCH LABORATORIES, INC.
DTD2684 SERIES OF FATIGUE
SENSORS. THIS DOCUMENT IS A
PRODUCT OF THE MCDONNELL
DOUGLAS CORPORATION WHO IS
SOLELY RESPONSIBLE FOR ITS
CONTENTS. NO WARRANTY IS
MADE REGARDING THE SUIT-
ABILITY OF THE PROCESSES
DESCRIBED HEREIN FOR ANY
SPECIFIC APPLICATION.

Ci-contre : première
page de la notice
Mc Donnel Douglas

REV	DESCRIPTION	DATE
1	Initial Release	6/30/2015
2	Updated per SAAB/AIRBUS comments	7/8/2015
3	Updated note1 on page per SAAB/AIRBUS comments	7/9/2015

QUALIFICATION TEST PROCEDURE AND TEST RESULTS

TR-201

FOR

STRAIN UNIT, STRESS MONITORING

COLUMBIA DRAWING DT3625 AND DT3617

Une mise en œuvre simple



Le capteur est livré sous enveloppe de protection en plastique de sorte à éviter toute pollution comme des graisses sur la base Polyimide destinée à être collée. Dès que cette enveloppe est ôtée le capteur est prêt à être installé.

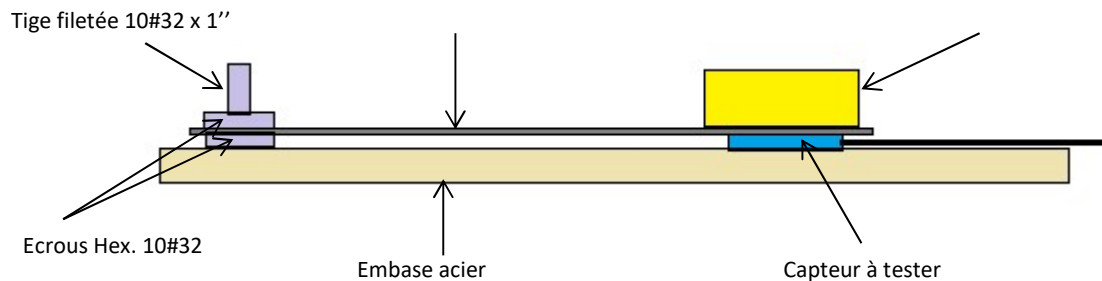
Le Polyimide absorbe 4 % d'humidité lorsqu'il est immergé 24 heures à 23°C. Pour supprimer cette humidité de nature à modifier la résistance d'isolement il convient de placer le capteur dans une étuve à température de 50°C à 70°C de 12 à 24 heures.

Lorsque le capteur est collé, il résiste à l'immersion en eau de mer et aux brouillards salins.

Le collage est réalisé avec une colle à l'époxy comme celle de Vishay. La division Hysol de Dexter fabrique une colle qui a été utilisée pour instrumenter des avions tactiques avec plusieurs dizaines de milliers de capteurs.

Comme pour un collage classique la surface doit être soigneusement nettoyée puis le capteur manipulé en ne touchant que les côtés. Il faut prendre soin à ce que la colle ne touche pas les bords

du capteur ce qui pourrait causer une détérioration et offrir une possibilité de pollution interne de l'instrument. L'offset initial dépend de l'expérience du colleur de jauges, des contraintes induites par une réaction exothermique lors du durcissement de la colle où des efforts appliqués sur le capteur lors du collage peuvent décaler le zéro, d'où l'importance d'utiliser des colles appropriées, une méthode rôdée mise en œuvre par un spécialiste.



La mesure initiale de l'offset est réalisée comme sur le schéma ci-dessus avec une masse de 75 grammes. La valeur est établie lors de l'étalonnage.

Conclusion

Le développement des capteurs de fatigue Columbia permet de limiter les opérations lors de l'instrumentation de structures. Au-delà du temps gagné, les volumes de chaque point de mesure se trouvent réduits au plus juste.

Le câblage est rapidement réalisé et supprime l'ensemble des raccordements entre parties actives et parties passives.

Le fait que les capteurs sont étalonnés évite de longues procédures, les relevés de valeurs et les incertitudes liées aux empilages.

Enfin le besoin d'expertise et de technicité des colleurs de jauges n'est pas remis en cause puisque l'implantation de chaque capteur requiert la dextérité et la minutie d'intervenants aguerris.

./