

Cleansky Stellar

i *Materia Nova / Mireille Poelman*
Sonaca / Donatienne Ghysseleinckx

Revêtements anti-adhérent/easy-to-clean comme solution anti-encrassement pour la préservation du flux laminaire et réduction d'impact CO₂

Particulièrement concernée par la réduction de consommation de fuel et d'émissions de CO₂, l'industrie aéronautique conçoit des structures et des matériaux permettant de préserver au maximum le régime laminaire et réduire la traînée. Le contrôle du flux laminaire est un moyen de garantir que l'air circule autour de certaines parties de l'avion en couches parallèles et permet de réduire de 5 à 10% la consommation de carburant. L'obtention d'un écoulement laminaire naturel nécessite une qualité de surface élevée. De minuscules perturbations de l'écoulement de l'air à la surface peuvent en effet provoquer une transition précoce d'un écoulement laminaire à un écoulement turbulent. Au niveau des bords d'attaque des ailes d'avion, les insectes qui frappent et se collent à la surface agissent comme des perturbations de la couche limite qui entraînent une perte de laminarité. L'accumulation de débris d'insectes sur le bord d'attaque des ailes laminaires a été reconnue comme l'un des problèmes opérationnels les plus importants associés à l'écoulement laminaire. Les nombreux insectes qui rencontrent les bords d'attaque des ailes empêchent le développement de grandes zones d'écoulement laminaire à faible frottement sur l'aile, rendant inefficace l'effort d'économie de carburant par l'utilisation de l'écoulement laminaire. Des résidus de moins de 150 µm de hauteur résiduelle sont suffisants pour générer des turbulences et ainsi réduire à néant le bénéfice



Application du revêtement sol-gel de MATERIA NOVA dans l'atelier de traitement de surface de SONACA

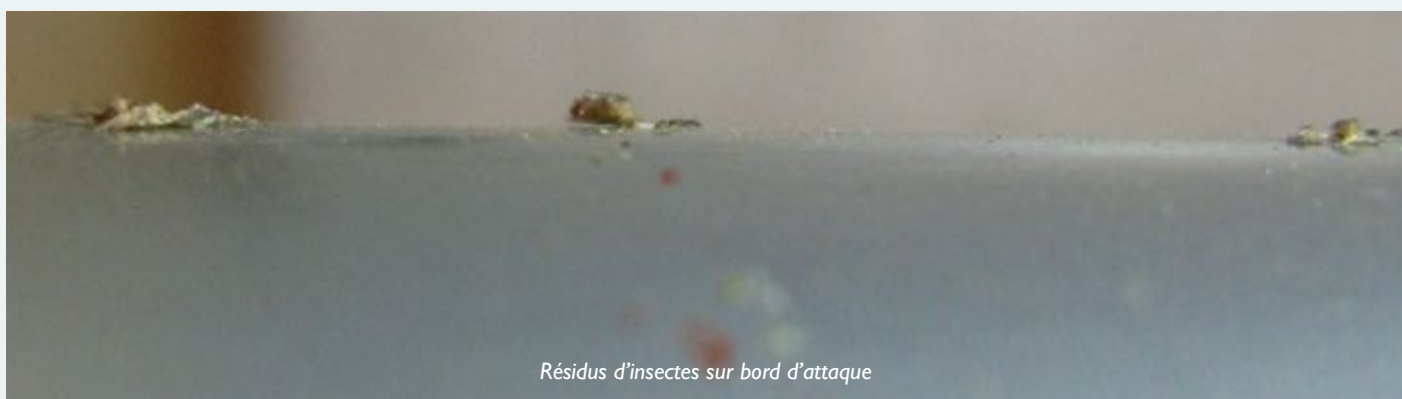
du design développé, dans le cône de sillage turbulent du résidu.

Au fil des ans, différentes approches ont été proposées, notamment l'utilisation de revêtements pour atténuer la contamination par les insectes et préserver le flux laminaire. L'efficacité anti-contamination et la durabilité des revêtements constituent des enjeux auxquels le monde du traitement de surface doit répondre. C'est à ce type de défi que le projet CLEANSKY STELLAR a tenté de répondre.

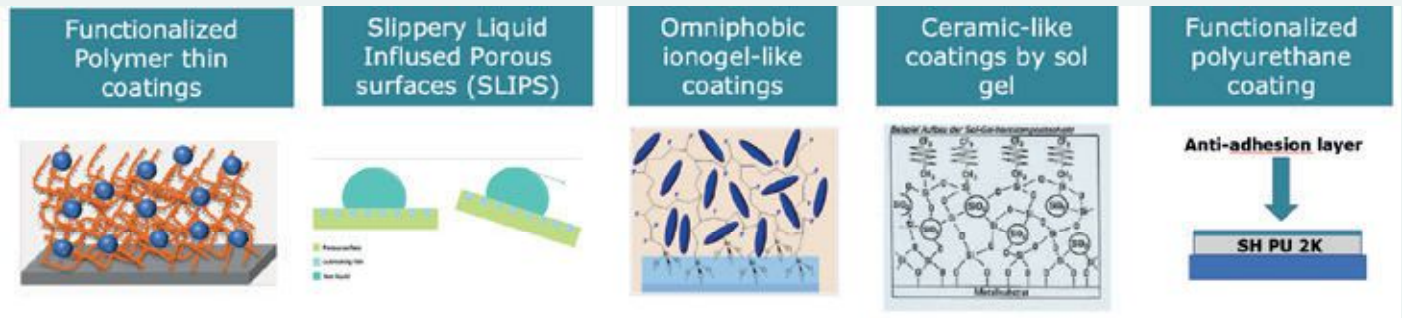
L'objectif principal du projet STELLAR (Horizon 2020 Grant Agreement n°864769) était de développer des solutions anticontamination efficaces et durables, conçues sur base d'une compréhension approfondie des propriétés biochimiques et physico-chimiques de

l'hémolymphe et son interaction avec la surface. Les solutions optimisées ont été testées à l'échelle laboratoire afin d'évaluer leur efficacité en termes d'anti-contamination et leur durabilité selon le cahier des charges de l'application (bords d'attaque). Des tests simulant les conditions de vol ont ensuite été réalisés en soufflerie en utilisant le réservoir d'un avion de test de SONACA AIRCRAFT (fixed leading edge). A l'issue de ces tests, le revêtement le plus efficace et durable a été sélectionné pour être appliqué sur un élément mobile qui a été installé sur un avion commercial A320.

La recherche sur les propriétés d'anti-adhérence a montré que les surfaces à mouillabilité contrôlée présentaient une accroche moindre vis-à-vis des salissures et une nettoyabilité facilitée. C'est cette



Résidus d'insectes sur bord d'attaque



Technologies de revêtement de surface envisagées dans STELLAR

approche qui a été envisagée dans le projet STELLAR. Différentes voies peuvent être envisagées pour conférer les propriétés hydrophobes aux revêtements: la structuration ou texturation de la couche ou modifier les propriétés chimiques de surface par des additifs spécifiques. Suivant l'application visée il est préférable d'utiliser une voie plutôt qu'une autre. Les propriétés chimiques du revêtement peuvent être modulées via l'utilisation de précurseurs contenant de longues chaînes alkyles ou de type $-(CF_2)_n$ (attention que ces dernières, faisant partie des composés PFAS, sont visées par une législation environnementale REACH en raison de leur toxicité et accumulation dans l'environnement). La figure 2 reprend les différentes technologies développées par CIDETEC et MATERIA NOVA. La solution sol gel (« ceramic-like coatings by sol gel») est celle retenue pour l'ensemble des essais. Cette technologie permet non seulement de moduler aisément les propriétés de

mouillabilité de surface mais elle permet également l'obtention de revêtements robustes en termes de résistance mécanique, chimique, etc.

Les solutions les plus prometteuses en termes d'anti-contamination et durabilité ont été adaptées et produites à plus grande échelle pour pouvoir être appliquées dans l'atelier de traitement de surface de SONACA. Cette application a dans un premier temps été réalisée sur des coupons à tester en soufflerie (VKI) ou sur avion de test (SONAIR 200) volant à basse altitude et dans un second temps (pour le produit sélectionné) sur un slat ayant reçu les différentes étapes de traitement requises pour l'installation sur une aile de A320. Cette étape cruciale a permis de valider le transfert du développement à l'échelle laboratoire à la production en conditions industrielles.

Les essais en soufflerie et sur avions de test (SONAIR 200) avaient principalement pour objectifs de mettre en évidence les capacités d'anti-contamination des revêtements et de permettre la sélection des solutions les plus efficaces. Ces essais ont montré des résultats d'anti-contamination assez similaires des solutions testées mais ont surtout permis de mettre en évidence la nettoyabilité facilitée de ces solutions par comparaison avec des parties non traitées.

La solution la plus prometteuse, sélectionnée pour être appliquée sur le slat d'un A320, est celle satisfaisant les requis en termes de durabilité (érosion, corrosion, etc). Le slat a été installé pendant près de 10 mois sur un avion commercial ayant opéré un total de 2185 heures de vol avec ce slat. Après 4,5 mois de vol (correspondant à la fin du projet STELLAR), les propriétés hydrophobes et de nettoyabilité du revêtement ont été vérifiées. De même la modification de rugosité est assez faible. Après 10 mois de vol, le slat a été démonté et renvoyé à SONACA. Les tests de vérification de la présence du revêtement sont en cours. Le caractère hydrophobe ayant été perdu sur une partie de l'élément (dépendant de l'angle d'incidence pendant les vols) on peut supposer que le revêtement a été altéré durant ces nombreuses heures de vol. Les propriétés de résistance à l'érosion sont un point d'amélioration sur lequel MATERIA NOVA et SONACA travaillent actuellement dans le cadre du projet SPW WINGS.



SLAT après 4,5 mois de vol



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under Grant Agreement n° 864769