

RAPPORT TECHNIQUE



©3dsculptor - stock.adobe.com

TECHNIQUE DE THERMOSTATISATION POUR L'ÂÉROSPATIALE

The universe is infinite - and merciless. The satellites orbiting the earth are already witnessing this. In particular, the extreme temperature differences between the side of the earth facing the sun and away from the sun pose a real challenge on the orbit of the satellites. Since maintenance or repair is impossible, all materials and components, as well as the satellite itself, must undergo intensive testing for which temperature and vacuum resistance are critical.

SATELLITES ET CONDITIONS DANS LESQUELLES ILS DOIVENT FONCTIONNER

Communication, internet, prévisions météorologiques, programmes TV : la société moderne est dépendante des services par satellite. Ils fournissent la base du réseau international. Plus de 2 000 satellites¹ opérationnels et la station internationale ISS tournent autour de la terre.

Le vide et des températures extrêmes sont des facteurs majeurs qui influencent les matériaux et la technique. Pendant la longue phase solaire, on enregistre sur la lune des températures pouvant atteindre +120 °C, alors que pendant la phase ombragée, elles peuvent descendre jusqu'à -130 °C². Dans l'espace, il faut également prendre en compte la température interne des appareils techniques, notamment celle de l'électronique de commande. Le grand défi du développement des satellites repose sur une technique fondamentale, qui doit protéger à la fois contre la surchauffe et contre toute panne liée au froid.

Le vide complique davantage la situation : alors que sur la terre, les variations de température peuvent être compensées grâce à la conductivité thermique assurée par des convecteurs, cette solution est impossible dans l'espace à cause du vide. Dans l'espace, les températures au-dessus de -270 °C sont principalement générées par le rayonnement direct du soleil. Ces températures dépendent fortement de l'absorption des rayonnements par le matériau. Le vide a également une influence sur l'état physique des fluides : les graisses, par exemple, s'évaporent à cause du manque de pression dans l'air.

GESTION THERMIQUE DANS L'ESPACE

Afin que les températures n'augmentent pas trop à cause des rayons du soleil, des matériaux extérieurs spécifiques sont utilisés. Ces derniers reflètent une grande partie des rayonnements. Certains satellites sont en rotation autour de leur propre axe afin d'assurer une répartition plus régulière des rayons directs du soleil. Afin de maintenir la température de service à l'intérieur du satellite, des chauffages supplémentaires sont en partie utilisés. Contrairement aux rayons du soleil, ils permettent une thermostatisation définie. En outre, certains composants peuvent être emballés dans des matériaux isolants.

Au cours du développement des satellites, des modèles thermiques sont utilisés pour calculer les variations de température des satellites. Sur les bancs d'essai, ces modèles sont testés dans des conditions proches de la réalité, qui comprennent notamment une faible pression, des températures extrêmes ainsi que des changements de température rapides.

Dans la plupart des secteurs, les produits sont soumis à des tests intensifs exclusivement lors de la phase de développement. Ensuite, seuls des échantillons sont utilisés pour les tests de qualité. Il en va tout autrement dans le secteur de l'aérospatiale : chaque satellite est soumis à une série complète d'essais, qui peut durer plusieurs semaines. Cela s'explique non seulement par la complexité et les coûts de chaque lancement d'un satellite dans l'espace, mais aussi par l'impossibilité de réaliser toute maintenance ou toute réparation dans l'espace. Il faut également assurer que le lanceur ne soit pas endommagée lors du lancement du satellite.

¹ <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/36582/umfrage/anzahl-der-satelliten-im-all-verteilt-nach-laendern/>

² <https://www.bernd-leitenberger.de/umgebungsbedingungen.shtml>

LA CHAMBRE THERMIQUE À VIDE EN ACTION

Tous les tests de fonctionnement et de contrainte des satellites et des différents composants situés à l'intérieur sont réalisés dans des chambres spéciales appelées chambres thermiques à vide. Elles permettent une régulation exacte de la température et de la pression. La chambre thermique à vide doit s'adapter aux dimensions de l'échantillon. Nombre de satellites sont aujourd'hui très compacts : les satellites cubes sont de petits satellites qui ne sont pas plus grands qu'une boîte de chaussures. Leur faible taille permet non seulement de réduire les coûts de transport sur leur orbite, mais également les chances de se faire percuter par les débris spatiaux ou par une météorite. Cela permet également de les tester dans des chambres thermiques à vide plus petites, moins coûteuses à produire et à faire fonctionner.

Les températures à l'intérieur des chambres sont assurées par des systèmes de thermostatisation haute performance. La paroi de thermostatisation, qui forme un cylindre autour de l'élément à tester, met en rotation le fluide de thermostatisation en circuit fermé. Un intervalle de température de -80 °C à $+180\text{ °C}$ peut notamment être obtenu à l'aide d'une huile permettant de conduire la chaleur. Cette huile qui conduit la chaleur peut, selon les besoins, être refroidie à l'aide d'un fluide frigorigène ou chauffé électriquement. Les températures faibles peuvent être obtenues en ajoutant de l'azote dans la paroi. En plus de la température générée par le rayonnement de la paroi, il est possible de positionner l'élément à tester sur une plaque thermique. Cela permet ainsi de simuler le transfert de la chaleur.

PROCÉDÉ D'ESSAI

En plus des capteurs du satellite, d'autres capteurs sont placés, notamment pour surveiller scrupuleusement les variations de température. Ils permettent de récupérer les données livrées et de protéger l'élément à tester. Si les composants risquent d'être endommagés par une surchauffe, la température à l'intérieur de la chambre est immédiatement baissée.

Le test d'équilibre thermique permet de calculer la répartition de la température à l'intérieur du satellite et de comparer les mesures avec les calculs du modèle thermique. En cas d'écarts, il est possible de retirer les éléments réfléchissants de la surface du satellite, d'intégrer des chauffages supplémentaires ou d'optimiser l'isolation des différents composants. L'essai de cycle thermique permet de contrôler le fonctionnement de l'élément à tester à l'aide d'un nombre défini de cycles, avec différents niveaux de température. Les tests de contrainte permettent quant à eux de définir l'effet de conditions extrêmes sur l'élément à tester.

RÉSUMÉ

Les satellites sont indispensables dans notre monde connecté. Pour être rentables, ils doivent fonctionner de manière fiable pendant plusieurs années, dans des conditions extrêmes, et ne nécessiter aucune maintenance. Les systèmes de thermostatisation haute performance comme ceux de la série PRESTO de JULABO génèrent des températures extrêmes dans les chambres thermiques à vide, qui permettent de tester les satellites, ainsi que tous les systèmes et composants conçus pour l'espace, de manière fiable et reproductible. Les appareils PRESTO sont faciles d'utilisation, et grâce à leur gamme d'accessoires bien pensés et modulaires, ils s'adaptent facilement à des exigences spécifiques. Nos experts en aéronautique et aérospatiale sont à votre disposition pour toute question.