

# NOUVEAUTES TECHNIQUES

## Le contrôle du matériel tropicalisé au laboratoire de l'O.R.S.T.O.M. de St-Cyr-l'École

par A. DELRIEU

Docteur ingénieur

L'Office de la recherche scientifique et technique d'Outre-Mer possède à Saint-Cyr un laboratoire relativement peu connu et qui est spécialement conçu pour le contrôle du matériel tropicalisé ainsi que pour l'étude des nouveaux matériaux et des nouveaux modes de protection du matériel. Nous pensons que les services que peut rendre ce laboratoire intéresseront une grande partie des lecteurs de notre revue et nous allons nous efforcer de dégager clairement ce qu'on y fait et ce que l'on peut y entreprendre.

Il semble qu'on parle moins, depuis quelques années, des problèmes de la tropicalisation. En charge de ce laboratoire, depuis un certain temps, nous avons voulu nous rendre compte l'année dernière, de l'état actuel du problème de la tropicalisation en général, car d'après les avis que nous avons recueillis en France, tout semblait résolu et sans histoire.

### Encore de nombreux problèmes

Nous avons donc pris contact, au moyen d'un questionnaire, avec les différents centres que l'ORSTOM possède dans le monde entier et dont bon nombre sont situés dans les zones climatiques tropicales ou désertiques. Nous avons alors eu la surprise d'entendre un son de cloche fort différent de celui que nous avons entendu auprès des industriels ou des laboratoires que nous avons consultés.

D'après des chercheurs d'Outre-Mer, aussi bien ceux qui vont sur le terrain que ceux qui restent en laboratoire, il existe encore de nombreux problèmes posés par la protection du matériel contre les climats nocifs et résolus d'une façon insuffisante.

On nous a donné des exemples nombreux de matériel, en particulier de matériel électronique, dont la durée de vie sur le terrain était très réduite, quelques semaines pour des flashes électroniques miniaturisés. Cet exemple est sans doute extrême mais on nous signale très souvent un manque d'étanchéité à l'air humide pour de nombreux enregistreurs et appareils de mesure de laboratoire.

Ces phénomènes apparaissent surtout, bien entendu, lorsqu'au climat tropical s'ajoutent les méfaits du voisinage de la mer, c'est-à-dire pour toutes les stations situées le long de la côte, pour les matériels embarqués ou pour les îles comme les Antilles dont le climat est constamment soumis à l'influence maritime.

On nous signale aussi la détérioration rapide de mouvements d'horlogerie des enregistreurs ou des psychomètres à ventilation, les boîtiers de ces appareils n'étant pas absolument étanches. Enfin, les peintures sont soit mal appliquées, soit appliquées sur des fonds insuffisamment préparés et donnent souvent lieu à des mécomptes, dont le moindre n'est pas la prolifération des moisissures ou autres champignons.

D'une manière générale, c'est le matériel électronique de laboratoire qui revient le plus souvent dans les doléances des chercheurs auxquels nous nous sommes adressés. Nous avons posé une question subsidiaire pour savoir si le matériel étranger trouvé sur place était de meilleure qualité. Dans la très grande majorité des cas, la qualité, du point de vue de la protection contre les agents climatiques n'est pas meilleure pour le matériel de laboratoire étranger.

En tout cas la conclusion de cette petite enquête a été pour nous la certitude que le problème de la tropicalisation se posait encore malgré tous les progrès que la protection a pu faire et les nouveaux matériaux qui sont à notre disposition.

C'est-à-dire que s'il existe des solutions, elles ne sont pas toujours appliquées, soit par négligence, soit par économie. Il est donc du devoir de celui qui acquiert du matériel pour l'utiliser outre-mer, que ce soit l'utilisateur lui-même ou les services d'approvisionnement, de vérifier si la protection contre les agents climatiques a bien été prévue et comment.

### Le laboratoire de l'ORSTOM

C'est à ce point de vue que le laboratoire de tropicalisation de l'ORSTOM à Saint-Cyr-l'École peut rendre service en fournissant rapidement des renseignements sur la tenue du matériel. Celui-ci se trouve placé dans une atmosphère tropicale ou désertique simulée aussi longtemps qu'il est nécessaire pour qu'on s'aperçoive de ses défaillances.

La partie du laboratoire qui nous intéresse consiste en deux chambres de grande dimension (3 x 4 x 3,50 m) dans lesquelles on introduit le matériel à tester et où on reproduit d'une part un climat chaud et sec comme celui qu'on rencontre à Kayes au Sénégal, d'autre part un climat chaud et humide du type Abidjan.

Dans le climat chaud et humide, la température varie de 25 °C à 40 °C alors que l'humidité varie de 60 % à 100 % et dans le climat chaud et sec la température varie de 30 °C

à 55 °C quand l'humidité varie de 20 % à 60 %. Ces deux climats ont été choisis comme types extrêmes, c'est-à-dire que tous les autres genres de climat que l'on peut rencontrer en Afrique s'intercalent entre eux deux qui sont d'ailleurs les plus nocifs pour le matériel.

L'action de chacun de ces climats sur le matériel est différente. Le climat chaud et sec des environs du Sahara produit des dilatations importantes notamment pour les matières plastiques, des retraits, des dessèchements, quelquefois des fusions, mais par contre peu d'oxydation. Dans le climat chaud et humide au contraire, ce sont les oxydations qui sont les plus importants parmi les phénomènes observés. La molécule d'eau contenue dans l'air humide étant extrêmement petite se glisse partout, passe à travers les films protecteurs, adhérents ou non et va attaquer les métaux en formant des oxydes, ou pénètre à l'intérieur des matériaux pour s'y fixer. L'ambiance humide étant très favorable à la prolifération des moisissures, c'est l'action de celles-ci qui sera très néfaste au matériel. En fixant près de 80 % d'eau à la surface des objets, elles modifient les propriétés d'isolation électrique ou thermique et favorisent l'attaque en profondeur par l'humidité.

Une des particularités, et non la moins intéressante du laboratoire de tropicalisation de Saint-Cyr est la variation simultanée de la température et de l'humidité au cours du temps, comme dans un climat réel. Cette conception n'est pas toujours mise en œuvre dans les essais de tropicalisation. Malheureusement on se contente souvent de soumettre le matériel à une température et une humidité constantes.

Dans ce cas on néglige l'influence des variations des paramètres qui est souvent plus importante que leur valeur absolue. Lorsque la température varie, on observe une suite de dilatations et de retraits qui produisent, à la longue des fendillements par où l'humidité peut s'introduire. D'autre part, lorsque la température s'abaisse au-dessous du point de rosée de l'air humide, il se produit une condensation et l'eau qui prend naissance et ruisselle à la surface du matériel est particulièrement agressive.

Les variations de l'humidité amènent un gradient de l'humidité à l'intérieur des matériaux poreux et hygroscopiques et ce gradient d'humidité entraîne des gonflements locaux qui peuvent éventuellement provoquer des ruptures.

La conception du laboratoire de Saint-Cyr est celle d'une installation de conditionnement classique avec un système de régulation particulièrement soigné. L'air y circule en circuit fermé, mais des prises d'air sont prévues dans le cas du fonctionnement d'un moteur à l'intérieur des chambres. Des passages permettent de disposer, à l'extérieur des chambres, des enregistreurs pour suivre les variations de certains paramètres concernant les matériaux entreposés à l'intérieur, par exemple les résistances d'isolement ou le fonctionnement d'appareils complexes de régulation.

De très nombreux essais ont déjà eu lieu au laboratoire de Saint-Cyr. La dimension des chambres étant suffisante on a pu y entrer du matériel de très gros volume, des ensembles complets, ce qui est particulièrement intéressant lorsqu'on considère qu'un ensemble de matériel se comporte toujours différemment de chacune de ses parties prise isolément.

En effet, le groupement de différentes parties, surtout lorsqu'elles sont de substances différentes, pose des problèmes d'incompatibilité chimique, de masse totale et d'inertie thermique pouvant conduire aux condensations dont nous avons parlé plus haut.

Nous avons pu ainsi faire des essais sur une jeep entièrement montée destinée à être stockée dans des conditions particulièrement dures, des sacs de ciment devant voyager dans des wagons exposés au soleil. Enfin, pour citer un cas

de fonctionnement de moteur à l'intérieur des chambres, nous avons fait des essais et des mesures sur un groupe électrogène alimenté de l'extérieur en évacuant les gaz d'échappement par des ouvertures prévues à cet effet.

Dans le domaine de l'emballage il se pose souvent des problèmes lorsque le contenu doit être expédié ou stocké outre-mer. Nous avons souvent eu des mesures à effectuer pour contrôler la perméabilité à la vapeur d'eau de différents matériaux, barrières, polythène, chlorure de polyvinyle, saran, complexe, etc. Ces mesures effectuées en climat réel permettent de donner une base solide pour, ensuite, calculer les quantités de déshydratant à employer pour maintenir une certaine hygrométrie à l'intérieur d'une enceinte pendant un temps de stockage donné.

Pour l'industrie pharmaceutique qui doit protéger contre l'humidité du climat des produits particulièrement hygroscopiques et qui, de plus, perdent non seulement leur aspect mais encore leurs propriétés pharmacodynamiques lorsque le pourcentage d'eau qu'ils fixent dépasse un certain seuil, nous avons eu l'occasion de conduire de nombreuses études.

Signalons, par exemple, des essais qui ont duré plus d'un an au cours desquels on a pu mettre au point un système de bouchage pour des flacons destinés à contenir des antibiotiques. Des prélèvements étaient faits systématiquement à date fixe pour suivre la variation de la quantité de produit dans le temps avec différents systèmes de bouchage.

D'autres essais de conservation sous emballage polythène soudé nous ont permis de mettre en évidence sur un nombre d'échantillons assez élevé, la dispersion de la qualité d'une fabrication. Dans ce cas l'utilisateur a pu se rendre compte rapidement que les soudures n'étaient pas homogènes et le signaler à son fournisseur.

De nombreux essais ont lieu sur du matériel électrique, des appareils de mesure et de contrôle, pour vérifier l'étanchéité et la tenue des différents isollements. Des émetteurs et des régulateurs de tension ont été laissés en fonctionnement en chambre sèche et en chambre humide pour l'effet de la montée en température.

Mais c'est bien entendu les divers modes de protection, cadmiage, zincage, peinture qui ont le plus souvent été essayés, soit des échantillons types, soit sur du matériel de diverses formes. C'est ainsi que nous avons pu prendre conscience des difficultés qu'il pouvait y avoir à réaliser une protection convenable d'objets dont la forme n'a pas été conçue en vue d'une protection ultérieure, et aussi des points faibles que mettent en évidence de tels essais : par exemple la protection des bords minces ou des surfaces sous rivets.

Nous avons également essayé des appareils électromécaniques de transmission en fonctionnement ; ils étaient commandés et contrôlés de l'extérieur des chambres ainsi que des équipements électriques pour automobiles et tracteurs. Des enregistreurs suivaient de l'extérieur le fonctionnement des appareils commandés suivant un programme fixé à l'avance. Récemment, nous avons entrepris et mené à bien une étude portant sur le comportement de papiers gommés et enveloppes destinés à être utilisés en climat humide. Des mesures du pouvoir collant et de la qualité de collage ont été faites pendant deux mois et ont permis d'opérer un certain classement parmi les colles employées suivant différents papiers.

Nous voyons donc que les essais effectués au laboratoire de Tropicalisation de l'ORSTOM sont des essais en grandeur réelle d'une durée assez élevée, au minimum deux mois. Ils donnent des renseignements moins rapides mais plus précis que les essais dits « accélérés » dans lesquels on suppose qu'une augmentation de l'intensité d'un des paramètres de l'essai, disons la température, compensera en quelque sorte

la compression dans le temps qu'on fait subir à l'essai. Il convient de toujours bien garder à l'esprit cette hypothèse lorsqu'on utilise les essais accélérés et surtout lorsqu'on les interprète. Quoi qu'il en soit, les essais en atmosphère tropicale avec variation simultanée de la température et de l'humidité comme nous les pratiquons à Saint-Cyr depuis longtemps, ont toujours donné satisfaction aux utilisateurs en leur permettant de se rendre compte de la qualité de leur fabrication avant de l'éprouver dans le climat réel.

Nous avons, de notre côté, pu acquérir une certaine expérience dans le domaine de la tropicalisation et par exemple nous nous sommes rendu compte que, d'une manière générale, lorsqu'on constate une défaillance dans la protection d'un matériel, une des trois raisons suivantes au moins était en cause :

1) *Le matériel n'avait pas été bien préparé pour recevoir la protection* : peinture sur rouille (très courant), dégraissage insuffisant, etc. La préparation de la surface est, pour de nombreux revêtements, plus importante et plus difficile à réaliser que le revêtement lui-même.

2) *Mauvaise exécution du revêtement protecteur* (plus rare), peinture par temps de pluie, épaisseur insuffisante d'un chromage pour raisons d'économie ou épaisseur variable et devenant insuffisante en certains endroits.

3) *Mauvaise conception de la pièce du point de vue de la facilité de la protection*. Il serait bon que celui qui est chargé de concevoir le matériel se préoccupe non seulement de son fonctionnement correct, mais aussi pense à sa protection future. Certaines formes, comme nous l'avons vu, sont très difficiles à protéger efficacement.

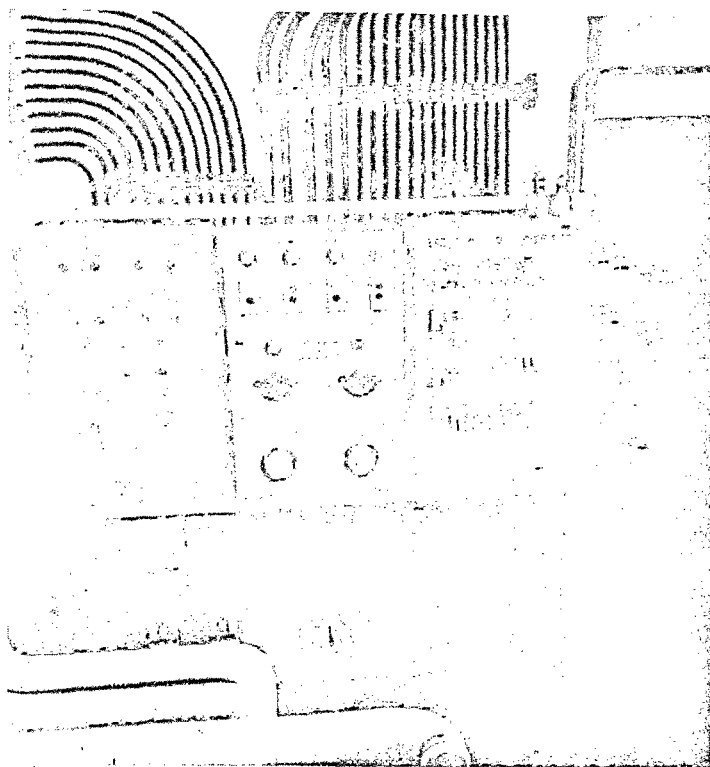
A partir de ces principes, il nous est arrivé souvent de pouvoir conseiller les utilisateurs dans le choix d'une protection bien adaptée, qui est d'ailleurs toujours une solution de compromis entre l'efficacité protectrice, la facilité de mise en œuvre et le prix de revient. *Les essais pratiqués au Laboratoire de Saint-Cyr sont toujours rentables et donnent lieu à un procès verbal d'essai que l'utilisateur peut employer par la suite, soit pour améliorer sa fabrication, soit pour prouver à ses clients éventuels que sa marchandise est bien appropriée pour un emploi dans les climats tropicaux.*

Nous pensons qu'on ne saurait prendre trop de précautions dans ce domaine. L'expérience nous prouve, et notre récente enquête par questionnaire nous le confirme, que les problèmes de tropicalisation ne sont pas tous parfaitement résolus et que les négligences à ce sujet se traduisent par des pertes d'argent considérables, des immobilisations de matériel longues et coûteuses lorsqu'il faut faire venir des

pièces de rechange sur de longues distances ainsi que des pertes de temps.

Nous espérons que les actuels responsables, dans ce domaine, de l'achat ou de l'expédition de matériel auront à cœur de vérifier que tout ce qui est destiné à un usage dans les pays dont le climat est beaucoup plus agressif que le nôtre est bien protégé et donnera satisfaction au destinataire. Il convient de noter au passage que, malgré tout, certains micro-climats de notre pays sont également très nocifs ; on ne saurait oublier que la France, avec sa longueur de côte exceptionnelle, est soumise à l'action maritime en de nombreux endroits dont l'équipement doit être prévu en conséquence. Le problème de la tropicalisation est également français.

Nous seront toujours heureux, au Laboratoire de tropicalisation de Saint-Cyr-l'Ecole, d'accueillir, de renseigner et d'aider dans la mesure de nos moyens tous ceux qui ont des problèmes analogues et n'ont pas encore trouvé la solution satisfaisante.



Armoires de régulation au laboratoire de l'O.R.S.T.O.M.