

- 6 OCT 1959

## LA PROTECTION DU MATERIEL UTILISE EN CLIMAT TROPICAL

A. DELRIEU

*Ingénieur, Chef du Laboratoire de Tropicalisation de l'O.R.S.T.O.M.*

Particularité des différents climats rencontrés outre-mer : climat tropical humide, climat tropical sec. Les différents facteurs du climat. Leur action nocive vis-à-vis des différents matériaux et du matériel.

Problème de l'emballage, du transfert par mer et par terre et du stockage. Matériaux barrières. Problèmes spéciaux posés par l'utilisation du matériel en climat tropical. Evacuation des calories. Isolation électrique.

Les solutions apportées par les techniques modernes. Les matériaux synthétiques nouveaux.

Nécessité d'une reproduction artificielle des conditions climatiques d'outre-mer. La laboratoire de Saint-Cyr de l'O. R. S. T. O. M. Caractéristiques générales. Résultats obtenus dans différents secteurs.

Limite de la protection. Conception du matériel devant être protégé contre le climat tropical.

### INTRODUCTION

L'équipement des contrées situées en climat tropical est devenu une nécessité tant pour permettre un accroissement du niveau de vie des populations autochtones que pour mettre en valeur et utiliser des ressources d'énergie et de matières premières qui compléteront heureusement celles qui existent déjà en climat tempéré ou qui les remplaceront. La demande mondiale en énergie ayant cru beaucoup plus vite que les moyens de production, un effort important devra être fait pour rechercher dans les régions encore inexploitées tout ce qui est nécessaire à l'économie des états modernes.

Tout ceci nécessite donc la mise en place de matériel de toute sorte allant du plus simple au plus compliqué, de la pelle à l'ensemble électronique et mettant en œuvre les matériaux les plus divers : classiques et connus de longue date ou bien inconnus il y a deux ans encore.

Or il ne suffit pas de transporter le matériel conçu pour un usage en climat tempéré pour résoudre la question.

Il y aurait déjà le problème du transport et du stockage sur lesquels nous reviendrons par ailleurs qui rendrait les choses difficiles. Mais surtout, il y a le fait sur lequel nous insisterons tout au long de notre exposé, à savoir que tout matériel, que tout équipement destiné à fonctionner dans un climat tropical doit être conçu de manière spéciale.

Le fabricant habitué à travailler sur les marchés intérieurs ou exportant dans les pays tempérés ne se rend plus toujours compte des limites de validité de ses conceptions de fabrication. Parce qu'un vernis ou une peinture sont satisfaisants dans l'emploi qu'il leur a donné jusqu'alors, il pensera qu'il tient là la protection absolue en oubliant que les pires conditions dans lesquelles cette protection s'est trouvée sont en réalité assez douces comparées à celles qu'elle rencontrera dans les régions tropicales et pour y arriver.

A force d'employer tel matériau avec succès dans des fabrications métropolitaines on finit par lui trouver de bonne

foi des qualités qu'il n'a plus lorsqu'il se trouve dans un climat plus dur.

Nous avons eu souvent l'occasion de constater l'étonnement des industriels faisant faire des essais à la demande de l'utilisateur afin de vérifier que leur matériel se comportait bien outre-mer et dont le dit matériel se montrait en très peu de temps tout à fait inadapté.

Bien des utilisateurs de matériaux barrières de quelque nature sont persuadés que la vapeur d'eau ne passe absolument pas à travers un sachet ou un emballage qu'ils mettent autour d'un objet à protéger. Ils sont tout surpris d'apprendre que dans certaines conditions le dit sachet laisse passer 15 gr d'eau par m<sup>2</sup> et par jour, ce qui est loin d'être négligeable.

Dans nombre d'appareils, les calories prenant naissance soit par frottement, soit par passage de courant électrique sont évacués normalement par échange avec l'air environnant. Or cet échange dépend de la température du milieu ambiant.

C'est une évidence à laquelle tout le monde ne pense malheureusement pas toujours.

Nous voyons donc qu'une foule de problèmes nouveaux va se poser pour ceux qui ont la charge de réaliser cette transposition du matériel et qui doivent absolument repenser toutes les solutions auxquelles ils sont habitués depuis toujours, en les considérant avec d'autant plus de méfiance qu'elles paraissent plus évidentes.

C'est en vue de les aider et de faire part de notre propre expérience dans ce domaine que nous allons examiner avec un peu plus de détails les points les plus importants de cette si vaste question qui fait appel à toutes les spécialités et dans laquelle les résultats ne sont atteints que progressivement et peuvent toujours être remis en question.

Nous examinerons en gros les différents phénomènes constatés dans un usage en climat tropical, les dégâts les plus fréquents apparaissant sur les matériaux les plus courants en essayant d'en tirer des conclusions générales.

ORSTOM Fonds Documentaire

N° : 29 230 ex 1

Cote : B

Toutefois il ne faudra pas perdre de vue que les solutions auxquelles on arrive sont rarement entièrement satisfaisantes, il s'agit presque toujours de compromis entre les exigences souvent contradictoires de l'efficacité, de la facilité de mise en œuvre et du prix de revient.

## DIVERS CLIMATS

Il convient de distinguer en Afrique différents climats qui n'agissent pas tous de la même manière. Nous allons donc examiner les divers climats qu'on peut rencontrer. Nous ne considérerons que les facteurs généralement les plus importants, la température et l'humidité. Nous examinerons plus loin les autres facteurs qui interviennent dans le climat.

L'étude d'un climat doit se faire à partir de données météorologiques complètes. Or on ne possède des courbes d'enregistrement de température et d'humidité que pour quelques points d'Afrique: Abidjan, Conakry, Dakar et Kayes par exemple.

Ces villes ont des climats assez caractéristiques et d'ailleurs les moyennes de température et d'humidité relevées dans d'autres stations concordent sensiblement avec l'une ou l'autre des courbes enregistrées dans ces villes.

L'observation de ces courbes permet de constater que: les différences de température dans un cycle journalier ne dépassent pas 23°C et les variations d'humidité restent inférieures à 11 gr d'eau par kg d'air.

Les grandes variations de températures sont accompagnées de variations d'humidité assez faibles et réciproquement.

Pour une humidité relative supérieure à 50% les températures dépassent rarement 32°C et les températures élevées correspondent à une humidité relative inférieure à 30%.

On peut en gros distinguer:

- Les climats chauds et très humides à variation de température faible et humidité relative élevée. On les trouve dans les forêts.
- Les climats très chauds et secs pour lesquels les variations de température sont fortes et les variations d'humidité relative assez faibles.
- Ensuite viennent les climats humides à température atténuée, type Dakar, et les climats intermédiaires.
- Certains climats enfin présentent des particularités caractéristiques.

Il convient également de considérer la vitesse de variation de la température et de l'humidité. Dans les climats humides, la température varie lentement, moins de 2°C à l'heure. Au contraire dans les climats secs, la température peut décroître de 6 à 7°C à l'heure. Elle peut croître de 5°C à l'heure.

Bien entendu le climat peut varier suivant les différentes époques de l'année. Dans la plupart des pays où règne un climat sec il y a une saison des pluies, période humide pendant laquelle le climat se rapproche beaucoup du climat de forêt.

Si bien qu'on peut toujours décomposer en périodes pendant lesquelles le climat se rapproche très sensiblement des climats types que nous avons énumérés plus haut.

## DIVERS FACTEURS

Les deux facteurs principaux que nous avons vus précédemment, température et humidité, jouent un grand rôle dans la détérioration du matériel. L'humidité provoque l'oxydation des métaux amenant la formation de composés divers, changeant au moins l'état des surfaces et souvent étendant son action à l'intérieur du métal. Elle est absorbée par les matériaux organiques, quelquefois d'une manière irréversible en provoquant des changements de propriétés mécaniques et électriques.

La température est un facteur qui fait varier souvent d'une manière considérable les propriétés physiques des corps, ramollissement, baisse de la résistance d'isolement électrique.

D'autre part elle accélère beaucoup toutes les réactions chimiques d'oxydation.

En dehors de ces deux facteurs très importants il en existe beaucoup d'autres, et qui peuvent devenir déterminants dans telle ou telle circonstance particulière.

Ce sont: le rayonnement UV, qui accélère les réactions chimiques, le développement des moisissures qui en climat humide s'attaquent particulièrement aux matières organiques et peuvent les détruire complètement, les insectes, le brouillard salin qui accentue la corrosion observée en climat humide, le vent de sable qui agit par abrasion et s'infiltré dans les ensembles mécaniques en les rendant inutilisables.

## MATERIAUX DIVERS

Après avoir vu les principaux facteurs du climat, nous allons considérer les matériaux qu'on rencontre le plus souvent et la manière dont ils se comportent vis-à-vis de ces divers facteurs.

Les métaux et parmi eux les métaux ferreux sont certainement les plus employés du fait de leur résistance mécanique, malheureusement le fer et l'acier ordinaire sont très facilement oxydés en atmosphère humide et les produits d'oxydation ne protègent pas le métal qui finit par être complètement détruit. D'autres métaux comme le cuivre et les métaux légers s'oxydent moins facilement et les produits qui prennent naissance forment une couche protectrice. Cependant l'état de la surface est différent.

Heureusement il existe des métaux qui résistent beaucoup mieux aux actions du climat, le chrome, le nickel, l'argent etc. qui de ce fait sont employés soit alliés avec des métaux moins coûteux mais facilement attaquables, soit en couche mince pour réaliser une protection par barrière.

Les matériaux organiques d'origine végétale surtout, sont un terrain propice au développement des moisissures. L'action des autres facteurs est très variable.

La chaleur et l'humidité agissent généralement beaucoup sur les matériaux d'origine organique. Ceux-ci qu'on peut diviser grossièrement en deux suivant qu'ils sont d'origine naturelle ou bien qu'ils sont synthétiques se comportent de manières très diverses.

Les matériaux d'origine naturelle non élaborés se comportent généralement assez mal, ils absorbent facilement l'humidité ou bien la perdent en climat très sec et il s'en suit une modification de leur structure. Le bois par exemple s'il n'est pas traité gonfle en climat humide et se fend en climat sec ce qui rend son emploi difficile pour la réalisation de menuiserie dans les régions où il y a une saison sèche et une saison humide.

Il faut donc le protéger par imprégnation de matériaux qui lui confèrent des qualités qu'il n'a pas naturellement. C'est dans le domaine des matières synthétiques que nous verrons un peu plus loin que nous trouverons une solution.

En ce qui concerne le bois, le comportement varie beaucoup. Les bois de nos régions faciles à travailler, relativement tendres, travaillent beaucoup, perdent leur humidité et se fendent, ou au contraire se gonflent dans un climat humide.

Il existe des bois tropicaux qui résistent mieux à cette action mais la difficulté vient alors de leur mise en œuvre.

Nous avons eu connaissance d'une charpente exécutée pour un de nos bâtiments, en acajou massif. Toutes les pièces ont dû être vissées, les clous s'enfonçant trop difficilement.

De même, les matériaux dérivés du bois, à base de celluloses, textiles, cellophane, etc. présentent un comportement assez médiocre dès qu'il y a de l'humidité.

Le caoutchouc lorsqu'il est d'origine naturelle, n'est pas particulièrement résistant lui non plus, l'action de l'oxygène et surtout des rayons UV provoquant des polymérisations rapides qui le rendent dur, cassant et lui font perdre les qualités qui justifieraient son emploi.

Les textiles non synthétiques se comportent bien tant qu'ils sont en emploi. En stock ils posent rapidement des problèmes de protection contre les moisissures. De même le cuir, et il n'est pas rare de trouver des champignons dans ses souliers au bout de très peu de temps.

C'est également le gonflement par absorption d'humidité et la prolifération des moisissures qui rendent l'emploi des colles d'origine animale difficile, dans des climats où les collages sont soumis à rude épreuve du fait des dilatations et des retraites importants.

Les matériaux de construction traditionnels, ciment, plâtre peuvent être employés généralement sans difficulté, sauf en ce qui concerne leur stockage qui est un peu plus délicat du fait de l'humidité. C'est alors un problème d'emballage.

Toutefois on peut noter que ces matériaux de construction une fois mis en œuvre ont des caractéristiques de transmission thermique qui ne sont pas toujours optima et que là encore en utilisant des matériaux synthétiques plus récents on obtient des meilleurs résultats pour la protection contre la chaleur ambiante.

## EMBALLAGE

Nous avons vu que le matériel souffrait beaucoup du fait du climat dans lequel il devait travailler, mais n'oublions pas que pour y arriver son trajet peut l'amener à subir des climats très divers. Du matériel partant du Havre au mois de janvier à destination de la Nouvelle-Calédonie se trouve soumis à des différences de température et d'humidité considérables. Il faudra donc le protéger plus contre les rigueurs du climat qu'il devra traverser jusqu'à son arrivée, que contre le climat de son utilisation.

On peut dire que, le matériel ne devant pas remplir son emploi normal pendant le transport, le problème est plus facile; en fait il ne l'est guère. Il y a en plus d'autres facteurs, manipulation, brouillard salin, proximité d'agents corrosifs, etc. qui rendent le problème de l'emballage assez délicat.

La solution idéale serait un contenant absolument étanche insensible à la chaleur et aux actions mécaniques. On tente d'approcher cet idéal et on y arrive assez bien lorsqu'il s'agit de pièces de petit volume et dont le prix de revient peut supporter un emballage soigné mais pour les ensembles plus importants et bon marché on est souvent porté à négliger la protection ce qui se traduit souvent par des dégâts assez importants.

L'emballage pour être efficace doit en effet tenir compte d'une quantité de détails. Il doit supporter sans défaillance les manipulations d'une main d'œuvre pas toujours très qualifiée, et des transports dans des conditions quelquefois catastrophiques pour le matériel. Le transport par camion sur piste, par exemple est difficilement supporté par des assemblages compliqués, où il y a des soudures. Il faut que le calage soit étudié de façon sérieuse et que le matériau de calage ne perde pas ses qualités en absorbant de l'humidité à un moment quelconque.

Il y a aussi la tenue à la chaleur du matériau emballé qui peut compliquer les choses. Les excipients à base de beurre de cacao employés en pharmacie, par exemple qui fondent aux environs de 40°C nécessitent des matériaux barrières imperméables au beurre de cacao.

Tout ceci sans oublier que la présentation de l'emballage ne doit pas être négligée non plus.

Il convient de remarquer que dans cette branche également les matériaux traditionnels de l'emballage, le bois, le carton, le papier ne peuvent guère donner satisfaction dans des pays où l'humidité est abondante. Là aussi on a dû se tour-

ner vers de nouveaux matériaux, soit en eux-mêmes, ou; le plus souvent, en conjonction avec des matériaux classiques auxquels ils confèrent des propriétés d'imperméabilité à la vapeur d'eau.

## LE STOCKAGE

Un problème auquel doivent particulièrement s'intéresser les emballeurs, est celui du stockage.

En effet on peut toujours penser qu'un voyage sera plus ou moins rapide et qu'une légère détérioration de l'emballage n'aura pas le temps de produire de graves dégâts. Mais il faut bien penser que la plupart du temps le matériel n'est pas à pied d'œuvre à son déchargement du bateau. D'autres étapes peuvent suivre qui seront précédées par un séjour quelquefois fort long dans des endroits plus ou moins bien aménagés, quelquefois en plein air, sur les quais d'un port.

C'est pendant ce séjour que l'humidité ou l'eau de pluie pénétrera par les fissures qui ont pu se produire précédemment dans les emballages de bois, que les champignons et moisissures se développeront, que des surchauffes locales se produiront si le matériel n'est pas suffisamment protégé des rayons solaires.

Cette immobilisation qui peut être fort longue permet souvent une aggravation des dégâts précédents.

Tout ceci sans oublier les insectes et les rongeurs qui peuvent eux aussi intervenir contre le matériel s'il est assez appétissant.

Un autre genre de stockage interviendra ensuite. Une fois le matériel rendu sur place, il ne sera pas forcément utilisé immédiatement et sera entreposé par le grossiste ou même le détaillant qui le gardera quelquefois plus d'un an avant de le livrer à la consommation. Généralement, les conditions dans lesquelles ce stockage s'effectue sont meilleures que précédemment mais sa durée peut être beaucoup plus longue.

C'est dans cette perspective qui devra se placer le constructeur s'il veut que sa marchandise ait encore une apparence vendable au bout du temps de stockage et qu'elle soit à même de rendre les services qu'on en attend.

Ce problème s'est posé tout spécialement pour les fabricants de produits pharmaceutiques, pour lesquels le stockage avant consommation peut être très long et qui ont à conditionner des produits dont l'activité baisse brusquement lorsque le pourcentage d'humidité augmente, c'est le cas par exemple de certains antibiotiques.

L'armée a également des problèmes de ce genre puisque des stocks de matériel doivent pouvoir être entreposés dans des endroits divers dont le climat peut être un climat tropical.

Ici le fonctionnement du matériel à n'importe quel moment est impératif et le stockage doit pouvoir se prolonger une dizaine d'années.

On devine sans peine que l'emballage dans des conditions aussi sévères est capital, il doit être particulièrement soigné et il arrive que son prix de revient dépasse celui de la pièce qu'il protège.

On renonce quelquefois à faire un emballage complètement étanche très difficile et coûteux et on utilise un emballage dont on connaît la perméabilité à la vapeur d'eau en plaçant à l'intérieur de celui-ci un absorbant tel que du gel de silice qui maintient dans l'enceinte un pourcentage d'humidité compatible avec la bonne conservation du matériel.

## PROBLEMES SPECIAUX

Le fonctionnement du matériel une fois rendu sur place, à supposer qu'il soit passé sans dommage par les différentes épreuves dont nous venons de parler, n'est pas encore absolument certain.

En effet c'est là qu'on va voir si le constructeur a bien prévu un fonctionnement dans des conditions plus dures que le fonctionnement en climat tempéré.

Sauf exception, le matériel fonctionne à peu près normalement à sa mise en marche même s'il n'a pas été particulièrement soigné. Ce qui arrive le plus souvent c'est que ce fonctionnement disons normal, ne se prolonge pas très longtemps et qu'il y a rapidement des signes de défaillance.

Nous abordons ici un aspect très particulier et très courant, que rencontrent tous ceux qui envoient du matériel outre-mer.

Le matériel est arrivé, il a été mis en service chez un utilisateur quelquefois isolé de tout centre, et il a fonctionné normalement pendant un certain temps, puis un incident s'est produit.

Cet incident, le constructeur n'en aura connaissance que très longtemps après, il en aura relation à travers de nombreux intermédiaires, rarement enclins à la précision scientifique. Si bien qu'il aura beaucoup de mal à savoir ce qui s'est passé réellement.

Il lui est très difficile sinon impossible de récupérer le matériel endommagé et quand il y arrive c'est souvent pour constater que des interventions ont eu lieu pour tenter une remise en état, interventions qui étant donné la rareté de la main d'œuvre qualifiée, ne sont pas toujours très judicieuses.

A moins d'une organisation efficace de visite et de contrôle de son matériel en service sur place, organisation qui sera forcément très onéreuse, le fabricant peut fort bien voir la quantité de matériel qu'il exporte baisser sans savoir exactement pourquoi, soit que les revendeurs ne lui donnent aucune raison, soit qu'on lui dise que son matériel « ne marche pas » sans préciser davantage.

La raison en sera peut-être dans un détail qu'il a négligé et qu'il aurait peut-être été facile de corriger.

C'est dire qu'il est toujours avantageux de bien prévoir toutes les éventualités d'emploi du matériel et lorsque celui-ci est réalisé, de faire des essais en atmosphère tropicale dans un laboratoire comme celui dont nous parlerons un peu plus loin.

### SOLUTIONS APORTEES PAR LES TECHNIQUES MODERNES

C'est l'apparition sur le marché, pendant ces dernières années d'une très vaste gamme de matériaux synthétiques qui a sans nul doute permis des solutions meilleures et plus avantageuses du problème de la protection contre le climat tropical.

Ces nouveaux produits ont en effet des caractéristiques souvent très supérieures aux matériaux employés avant leur apparition.

En particulier les propriétés d'isolement thermique et électrique, de perméabilité à la vapeur d'eau, de mouillabilité de certains de ces produits en ont fait des éléments de choix pour la fabrication de matériel de toute sorte résistant en atmosphère humide.

On peut dire qu'actuellement le choix est assez grand parmi tous ces produits pour qu'on puisse résoudre à coup sûr un problème de tropicalisation.

Les difficultés viendront soit du mode d'application qui n'est pas toujours possible ou commode et du prix de revient qui devra être compatible avec le matériel à protéger.

Nous venons de parler du mode d'application, il apparaît que cet aspect de la protection est responsable en grande partie de la réussite de celle-ci ou de son échec.

On n'insistera jamais assez sur le fait que la manière d'appliquer une protection est au moins aussi importante que la nature de la protection elle-même.

En ce qui concerne les métaux, combien de non réussites parce que la surface à protéger n'avait pas été complètement débarrassée de la rouille auparavant.

Les techniques de sablage, décalaminage et ensuite celles

de traitements de surface dont nous parlerons un peu plus loin et qui sont de plus en plus employées, semblent indispensables si l'on veut que la couche de protection qui suivra et qui est souvent de qualité rende les services qu'on est en droit d'en attendre.

Ces couches de protection pourront être de nature diverses, résines alkydes, résines vinyliques, silicones, caoutchoux chlorés, résines formophénoliques.

La polymérisation qui donne naissance au film protecteur se produira à la température ambiante, ou si l'on veut une tenue encore meilleure, sera obtenue par une cuisson au four ce qui exige que le matériel ne soit pas trop volumineux, bien qu'il existe des batteries mobiles de chauffage par infrarouge qui ont été employées sur des charpentes métalliques.

Pendant les matériaux nouveaux synthétiques ne sont pas sans subir eux aussi l'action du climat et là aussi un choix est nécessaire si l'on ne veut pas avoir des mécomptes.

Les modifications de la structure chimique amenées par l'action du climat peuvent être une rupture de chaîne produisant une diminution de la résistance mécanique, c'est le cas du polythène.

Il peut se former des liaisons transversales à l'intérieur de la molécule, augmentant la ténacité et pouvant provoquer des fendillements.

Pour les thermodurcissables des modifications des groupes latéraux changent les propriétés diélectriques, la solubilité et le coefficient d'absorption de l'humidité.

L'humidité atmosphérique agit sur les groupements hydrolysables et ensuite lessive et élimine les produits ainsi formés.

L'oxygène fait sentir son action sur des matériaux comme le polythène, le nylon, les esters, la cellulose qu'il fissure et rend plus fragiles.

Toutefois on peut diminuer cette action ainsi que celle des rayons UV par l'adjonction d'agents antioxygènes et des pigments de protection contre la lumière.

### UTILITE D'UNE REPRODUCTION ARTIFICIELLE DU CLIMAT

Nous voyons donc que la protection de matériel divers est toujours un problème complexe.

Dans la conception même de cette protection on peut avoir affaire à des matériaux très nouveaux et dont l'efficacité est mal connue.

D'autre part, il est des voisinages dangereux et qu'il faut éviter, de métaux pouvant former une pile, ou de matières plastiques retenant dans leur molécule des atomes de chlore libre pouvant attaquer le métal avec lequel il se trouverait en contact.

On peut, en tenant compte de toutes les règles concevoir un moyen de protection qui a des chances d'être satisfaisant. Il n'en reste pas moins vrai que pour en être sûr il faut l'essayer et on a toujours intérêt à pratiquer cet essai sur l'ensemble complet qui peut avoir un comportement différent de chacune de ses parties.

Comme nous l'avons vu précédemment cet essai gagne à être effectué en laboratoire.

En effet, le climat reproduit n'est sans doute pas exactement le même que le climat réel, mais il en approche beaucoup et la commodité des observations est un élément qui doit compter puisque toutes les retouches peuvent être faites sans perte de temps et en connaissance de cause.

Enfin l'action isolée de tel ou tel facteur peut être mise clairement en évidence avec cette méthode.

### LABORATOIRE DE L'O.R.S.T.O.M. A SAINT-CYR

C'est un laboratoire de ce genre que nous allons décrire brièvement à présent.

Conçu pour l'étude du comportement du matériel en climat tropical le laboratoire de l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer à Saint-Cyr reproduit deux genres de climat :

Le climat chaud et humide des forêts qu'on rencontre à Abidjan, à Madagascar, etc... et le climat chaud et sec des confins du Sahara qu'on rencontre à Kayes, Bamako.

Chacun de ces climats est reproduit dans une chambre séparée, isolée thermiquement, de  $3,50 \times 4 \times 2,85$  m. assez volumineuse pour qu'on y fasse entrer du gros matériel.

Nous avons eu par exemple en essai, une Jeep, un groupe électrogène en marche, et 8 tonnes de ciment en sac ce qui montre bien que la capacité utile des enceintes est déjà importante.

La particularité de ces chambres réside surtout dans le fait que ni la température, ni l'humidité ne sont constantes, mais varient continuellement pour reproduire les cycles de jour et de nuit correspondant à un climat réel.

Cette disposition est plus conforme à la réalité que les étuves à température et humidité constantes, elle est également plus nocive pour le matériel.

En effet les dilatations et les retraites, ainsi que les changements du pourcentage d'humidité de l'atmosphère qui peuvent amener des migrations de l'humidité contenue à l'intérieur des matériaux ont une influence très importante sur la tenue du matériel.

Tel qu'il est conçu le laboratoire fonctionne continuellement jour et nuit; un cycle d'essai complet dure en principe un mois en chambre sèche et deux mois en chambre humide ce qui correspond à l'avant-projet de norme UTE.

Bien entendu les essais peuvent être prolongés et nous avons eu des conditionnements de produits pharmaceutiques pendant deux ans et plus.

Il importe de remarquer en effet que les essais effectués ne sont pas à proprement parler des essais accélérés, les températures et humidités reproduites sont voisines de la réalité et les vitesses de variation également.

Les essais accélérés pour être significatifs doivent donner lieu à de longues comparaisons portant sur un grand nombre d'échantillons. Ils doivent porter sur un facteur seulement et ne sont valables en principe que pour une catégorie de matériau.

Nous pensons qu'on peut obtenir des renseignements au moins aussi sûrs en procédant d'une manière peut-être un peu plus longue mais qui reste valable pour n'importe quel matériau, soumis à plusieurs facteurs simultanément, en observant et en notant les changements, peut-être plus petits, qui apparaissent dès les premiers temps puisque, malgré tout, la détérioration du matériel se fait généralement de manière continue.

Les chambres du laboratoire de Saint-Cyr sont équipées de manière à ce qu'on puisse y faire fonctionner un moteur à explosion.

Enfin on peut y reproduire artificiellement le rayonnement solaire au moyen de lampes à rayons ultra-violetes.

## RESULTATS OBTENUS DANS DIFFERENTS SECTEURS

L'étude du comportement de la protection du matériel métallique a fait l'objet de nombreux essais au laboratoire.

Ils ont porté sur des meubles de bureau, des armoires contenant des appareils radio, des containers, etc...

La protection est souvent réalisée par plusieurs couches de peinture cuite au four et se montre satisfaisante. Nous avons remarqué des défaillances dans des détails, tels que visserie non protégée ou dont la couche protectrice n'est pas assez épaisse.

A propos de la visserie il semble que la conception n'en soit pas toujours bien étudiée.

Exécutée en acier, elle est souvent protégée par un dépôt de nickel, de chrome ou de zinc, mais cette protection est très mince et est éliminée par la moindre action mécanique telle que celle que peut produire un tourne-vis dont les angles sont un peu vifs.

Nous avons vu des ferrures de volets, qu'on avait préalablement cadmiées pour les protéger et qui étaient ensuite rivées à la machine. La protection était complètement enlevée sur le rivet après la pose.

Un autre point dans la protection des ensembles métalliques est la protection des bords vifs.

Ceux-ci sont à éliminer bien sûr, mais il arrive qu'on en rencontre, surtout dans la tôlerie.

Il semble que la solution la plus satisfaisante pour le moment soit de peindre vers le bord et de repasser ensuite une couche supplémentaire sur le bord mince.

Le comportement du bord des tôles dépend sans doute de la manière dont elle a été découpée mais l'utilisateur peut rarement agir dans ce sens.

La protection des métaux, il faut bien le souligner, dépend d'abord de la manière dont elle est exécutée. Nous avons eu l'occasion de faire des essais sur des protections réalisées sur des surfaces ayant subi des phosphatations, des chromations etc... et pu apprécier les améliorations que de tels traitements préalables de la surface peuvent apporter.

Par contre des revêtements appliqués à dessein sur des tôles rouillées, à la demande des fabricants du revêtement qui prétendaient que celui-ci remplirait son office même sur une surface non préparée, ont donné des résultats mauvais.

Des essais ont eu lieu en chambre humide pendant deux ans sur des métallisations, cadmiages, zingages.

Le zingage a été attaqué assez rapidement mais la couche d'oxyde formée a empêché l'attaque du métal sous jacent.

Des essais sur des emballages de produits chimiques et d'engrais en sacs papier, et en sacs jute, ont permis d'autre part d'éliminer des fabrications défectueuses.

D'autres essais ont porté sur des emballages contenant des conserves alimentaires, notamment du fromage, lequel a fermenté et produit une déformation importante des boîtes métalliques.

Du matériel électrique de toute sorte a été essayé. Nous avons eu l'occasion de faire de nombreuses remarques. Par exemple pour des petits outils portatifs à usages multiples, le souci des constructeurs de réduire au minimum le poids et l'encombrement se fait quelquefois au détriment des distances entre parties conductrices et l'isolement électrique en atmosphère humide est parfois insuffisant.

Du petit outillage a été souvent essayé, protégé par vernis pelable ou par cires microcristallines. De bons résultats ont été observés. La protection du même outillage avec des inhibiteurs de corrosion a été essayée aussi avec des résultats variés.

Quelquefois satisfaction a été obtenue mais nous avons aussi observé une plaque d'acier préalablement nettoyée et enveloppée dans un papier inhibiteur de corrosion, qui était attaquée au bout d'un séjour de huit jours en chambre humide.

De la visserie protégée, du matériel de bureau ont été essayés à maintes reprises avec des résultats toujours intéressants pour le constructeur.

Signalons par exemple un essai portant sur des tubes protégés par chromage sur zinc. Ce dernier n'a pas tenu, le zinc étant attaqué à travers le chromage.

Nous voyons ici encore qu'une protection supposée correcte et l'étant lorsqu'on recherche simplement un but esthétique pour un emploi en climat tempéré, ne donne pas toujours satisfaction pour un emploi outre-mer.

**LIMITE DE LA PROTECTION —  
CONCEPTION DU MATERIEL DEVANT ETRE  
PROTEGE CONTRE LE CLIMAT**

Nous venons de voir que l'adaptation du matériel à un emploi outre-mer pose souvent des problèmes très difficiles. D'autant que la totalité des agents destructeurs peut quelquefois se trouver réunis.

On nous a récemment demandé des conseils en vue de l'édification d'une usine devant traiter du minerai de fer dans l'extrême sud-marocain.

Le lieu où cette usine devra s'élever est situé non loin de la mer, si bien que selon le vent souffle du nord ou du sud on a à faire au vent de sable ou au brouillard salin. L'humidité varie dans des proportions énormes et la température comme dans les régions voisines du Sahara.

Dans de telles conditions (qui sont heureusement assez rares) il est certain qu'on ne peut s'attendre à une vie très longue du matériel courant et que tout devra être étudié très attentivement. L'étanchéité totale pour certains matériels étant une solution à envisager dans des cas semblables, ou bien le fonctionnement en chambre climatisée.

Mais il est bien évident que des opérations de grosse in-

dustrie peuvent être difficilement exécutées en chambre climatisée.

Ce sera donc comme toujours des solutions de compromis qui prévaudront et le plus sage sera sans doute de prendre un certain nombre de précautions et de prévoir une usure plus rapide que la normale du matériel utilisé.

Pour terminer nous soulignerons l'intérêt qu'il y a de prévoir dès la conception du matériel le climat dans lequel il sera utilisé. Ceci évitera les adaptations plus ou moins réussies. En particulier, nous pensons que celui qui conçoit le matériel doit toujours avoir présent à l'esprit qu'une protection par peinture ou autre doit être appliquée et s'en soucier pour donner à ce matériel une forme pratique.

Tous les peintres savent qu'il y a des assemblages impossibles à peindre efficacement et tous ceux qui font des dépôts électrolytiques qu'il y a des pièces impossibles à recouvrir d'une épaisseur à peu près uniforme.

Moyennant toutes ces précautions et en faisant des contrôles sévères et des essais de résistance en climat artificiel on peut s'attendre à l'heure actuelle à l'aide de tous les nouveaux matériaux et en observant scrupuleusement les modalités d'application à de bons résultats dans la protection du matériel utilisé à climat tropical.