

OIML G 13 (ex P 7)

Edition 1989 (F)

Planification de laboratoires de métrologie et d'essais

Planning of metrology and testing laboratories

OIML P 7 Edition 1989 (F)



ORGANISATION INTERNATIONALE
DE MÉTROLOGIE LÉGALE

INTERNATIONAL ORGANIZATION
OF LEGAL METROLOGY

Juin 1989

PLANIFICATION de LABORATOIRES de METROLOGIE et d'ESSAIS

Cette brochure a été conçue à la demande du Conseil de Développement de l'OIML dans le but de guider des organisations nationales qui ont l'intention d'établir de nouveaux laboratoires de métrologie.

Puisque plusieurs de ces organisations peuvent, à un degré plus ou moins important, également être chargées d'essais de matériaux et de produits industriels, la brochure comporte également quelques indications concernant la planification pour de telles activités et en particulier sur leur liaison avec les laboratoires de métrologie.

Ake Thulin

Sommaire

<i>Avant-propos</i>	2
1. BASE de la PLANIFICATION.....	5
1.1. Planification pour la métrologie	5
1.2. Planification pour des activités d'essais autres que la métrologie	8
1.3. Exigences pour essais ou vérifications extérieurs	9
2. CONCEPTION GENERALE des LABORATOIRES de METROLOGIE	10
2.1. Répartition des activités	10
2.2. Bâtiments pour la métrologie	12
2.2.1. Lieu de construction	15
2.2.2. Construction, exigences générales	15
2.2.3. Estimation de l'espace nécessaire	19
2.2.4. Exigences particulières pour le conditionnement d'air en métrologie	22
2.2.5. Exigences sur les installations électriques	25
3. DESCRIPTIONS des LABORATOIRES de METROLOGIE	27
3.1. Etalons de masse	27
3.2. Essai des instruments de pesage du commerce	28
3.3. Volume	28
3.4. Métrologie dimensionnelle et métrologie mécanique	29
3.5. Mesure des rubans	30
3.6. Etalons électriques.....	30
3.7. Compteurs d'énergie électrique	31
3.8. Temps et fréquence	31
3.9. Thermodynamique (thermométrie)	31
3.10. Salle de machines	32
3.11. Photométrie	33
4. ESSAIS de PRODUITS et d'EQUIPEMENTS	34
4.1. Introduction	34
4.2. Considérations générales sur la planification de laboratoires d'essais de produits	35
4.3. Climats d'essai de produits	35
4.4. Essais de produits mécaniques, textiles, caoutchouc, etc	37
4.5. Essais de matériaux électriques	38
4.6. Conclusions concernant la planification pour les essais de produits	39
5. MOBILIER de LABORATOIRE	40
BIBLIOGRAPHIE	44

1. BASE de la PLANIFICATION

Le premier pas à faire est d'effectuer un inventaire des besoins dans les domaines de la métrologie et d'essais dans le pays en tenant compte des buts de l'organisation, des exigences formulées dans les lois et règlements existants ou en prévision, ainsi que des moyens déjà disponibles dans la même organisation ou dans d'autres organisations avec lesquelles des arrangements de coopération peuvent être établis. Ce dernier point devient de plus en plus important compte tenu du développement technologique et de l'évolution des pratiques industrielles et commerciales et du coût de fonctionnement de ces laboratoires.

On doit à cette occasion se rappeler que quelle que soit la dépense pour l'acquisition de matériel de laboratoire même très sophistiqué, le coût du personnel qualifié et de fonctionnement sera à plus longue échéance le facteur dominant sur le plan économique. Nous voulons particulièrement souligner ce fait à la lumière de l'expérience, dans certains pays, de laboratoires qui lors de leur construction, ou extension, ont été pourvus de fonds adéquats mais dont le budget a plus tard été trop réduit pour couvrir les dépenses normales de fonctionnement et de développement. Ces laboratoires peuvent après quelques années devenir déficients et ne plus contribuer au développement du pays.

S'il n'est pas possible de prévoir un budget de fonctionnement adéquat fourni directement par l'Etat, par des redevances ou par d'autres ressources, il vaut mieux limiter l'étendue des activités par des arrangements de coopération avec d'autres organismes dans le pays afin d'assurer au mieux les activités d'essais dans des domaines plus restreints et non couverts par d'autres organismes.

En résumé, les activités, les laboratoires et les budgets de fonctionnement doivent être planifiés de telle sorte que le travail puisse s'effectuer d'une façon efficace en suivant l'évolution technologique aussi bien en ce qui concerne la qualification du personnel que l'acquisition de nouveaux matériels.

1.1. Planification pour la métrologie

La métrologie constitue sans aucun doute une nécessité non seulement du point de vue des exigences légales relatives aux échanges commerciaux, à la santé et à la sécurité, mais également dans pratiquement toutes les activités industrielles. Les étalons physiques constituent par conséquent dans tous les pays le point de départ de toutes les activités d'essais.

Le choix de la conception des étalons nationaux doit être effectué à partir de facteurs pratiques plutôt que des considérations théoriques fondées sur les définitions des unités SI. En d'autres termes, il vaut mieux construire la maison par la base à partir des besoins directs qui sont ceux du commerce, de la santé, de l'industrie et du transport.

Cette façon de planifier pour l'équipement de métrologie d'en bas des schémas de hiérarchie des étalons ne veut cependant pas nécessairement dire que le coût de l'équipement et autres installations soit moindre, au contraire : comme exemple, un seul camion-étalon pour vérifier des ponts-basculés routiers peut exiger une dépense bien plus importante que celle d'un étalon primaire.

Le but de la planification doit être de rendre les services attendus.

Un inventaire sérieux des besoins dans tous les domaines concernés est par conséquent nécessaire non seulement pour déterminer l'instrumentation à acquérir mais aussi pour pouvoir estimer le nombre de vérifications annuelles ainsi que leur distribution géographique lorsqu'elles ne peuvent pas être effectuées au laboratoire central.

La quantité d'instruments soumis au contrôle doit par conséquent être répertoriée, pour chaque catégorie, à partir des données disponibles et déclarations fournies par les commerçants, transporteurs, hôpitaux, industries, etc.

En ce qui concerne les besoins d' étalonnage des instruments qui ne sont normalement pas soumis au contrôle légal, il est beaucoup plus difficile de faire des estimations. Il arrive que des services officiels de métrologie dans des pays fortement industrialisés ne reçoivent qu'un nombre très faible d'instruments pour étalonnage, principalement en raison du fait que les industries de ces pays ont leurs propres moyens d' étalonnage (ou même parfois qu'ils ne se préoccupent pas assez des raccordements métrologiques). D'autres pays sont grands producteurs d'instruments de mesure, auquel cas ce sont seulement les étalons de référence de ces industries qui sont étalonnés par l'organisation centrale de métrologie (ceci est en particulier le cas lorsque le laboratoire de métrologie du fabricant a obtenu une accréditation officielle).

Il est fortement recommandé pour un pays en développement de planifier ses moyens d'étalonnage et d'essais de façon à permettre l'extension de la surveillance métrologique à la vérification des instruments qui ne sont habituellement pas soumis au contrôle légal dans un grand nombre de pays développés.

La raison en est que les laboratoires officiels de métrologie dans un pays en développement doivent fréquemment fournir des services qui sont nécessaires dans d'autres buts tels que contrôle qualité des produits importés ou exportés ou fabriqués dans le pays pour consommation locale. L'étendue approximative de telles activités doit par conséquent être connue déjà au stade de la planification. Une autre raison peut être la nécessité de fournir des services d'étalonnage plus étendus aux industries locales dans la lignée des actions de promotion entreprises par le gouvernement. Ce dernier point doit faire l'objet d'une enquête particulière comprenant le type d'étalonnage ou de vérification requis, le lieu de ces opérations, etc. Les industries concernées peuvent en réponse à ces enquêtes occasionnellement fournir des listes très exhaustives de leurs besoins, mais on constatera finalement qu'il n'y a pas beaucoup d'instruments, autres que des calibres mécaniques et quelques instruments électriques ou électroniques, qui peuvent réellement être vérifiés sans démontage des installations de production. D'autre part les capteurs industriels sont fréquemment d'une conception telle que leur étalonnage en dehors de leur environnement d'installation ne donne pas des résultats applicables au procédé de mesurage désiré.

Si d'autre part des frais élevés d'étalonnage sont mis à la charge du demandeur, cela peut également constituer un obstacle pour une bonne coopération avec le laboratoire central de métrologie.

Dans le cas où il est possible d'établir un inventaire réaliste des besoins des industries locales en matière d'étalonnage et de vérification et qu'il apparaît que certains équipements d'étalonnage et d'essais sont nécessaires pour seulement quelques industries ou utilisateurs, il est

recommandé d'établir avec les parties concernées des accords par lesquels le service de métrologie s'engage à étalonner ou vérifier les installations de mesure ou d'essai à des intervalles spécifiés.

Ce type d'accord, ou contrat, volontaire constitue en effet une bien meilleure base pour la planification de l'équipement d'étalonnage, les bâtiments, le personnel et les moyens de transport que la méthode d'attendre le client qui est actuellement appliquée dans beaucoup de laboratoires d'étalonnage.

La forme "contrat d'étalonnage" permet en plus d'établir des prévisions budgétaires aussi bien pour le client que pour l'organisation métrologique ⁽¹⁾. Le gouvernement peut dans le but d'aider au développement du pays consentir à supporter une partie de ces frais.

Les services de réparation et de maintenance sont dans les pays industrialisés souvent du ressort du secteur privé. Pour les instruments soumis au contrôle légal, le travail des sociétés de maintenance est alors plus ou moins directement supervisé par le service de métrologie légale. Cependant, l'expérience dans certains pays semble montrer que les réglages des instruments effectués par les services de maintenance doivent être sévèrement contrôlés. En d'autres termes, la surveillance métrologique en particulier pour certains types d'instruments (tels que compteurs de liquides) doit être effectuée d'une façon relativement stricte même si elle ne peut être faite à 100 % pour des raisons économiques ou par manque de personnel.

En retournant aux problèmes des étalons nationaux (ou s'il y a lieu étalons régionaux ou locaux de référence), il est, en tenant compte des besoins, relativement facile de choisir une gamme d'étalons de référence appropriés à partir de ceux figurant dans différentes publications et d'établir un plan pour le bâtiment, le budget et le personnel nécessaires pour la maintenance de ces étalons ⁽²⁾

Il est par contre bien plus difficile de planifier l'équipement et les moyens pour le fonctionnement efficace de tout un service de vérification compte tenu du nombre et des lieux des interventions et des conditions locales. Il est ici encore possible de trouver des descriptions d'équipement dans la littérature mais la quantité d'instruments ou dispositifs nécessaires, leur aptitude pour l'utilisation dans le pays et les difficultés d'acquisition doivent faire l'objet d'une étude préliminaire ⁽³⁾.

⁽¹⁾ Certains laboratoires (par exemple LCIE en France) organisent des campagnes annuelles d'étalonnage de façon à permettre de grouper les différents types d'étalonnage à certaines périodes de l'année et ainsi réaliser une meilleure planification du travail.

⁽²⁾ Voir par exemple la brochure conçue dans le cadre du Conseil de Développement de l'OIML : "Vérification equipment for national metrology services" March 1986 ou la brochure en français : "Équipement d'un service national de métrologie" - Propositions du BIML, 15 septembre 1981.

⁽³⁾ Des adresses sont données dans la brochure non officielle du BIML "Fournisseurs d'équipement de vérification", édition 1987.

Pour résumer ce point nous recommandons de commencer la planification pour la métrologie par un inventaire aussi complet que possible des besoins aussi bien en ce qui concerne la quantité que le type d'instruments à vérifier ou étalonner et que leur capacité, exactitude nominale et lieu d'installation. Cet inventaire peut bien entendu n'être qu'approximatif pour certains types d'instruments, mais il doit être aussi exact que possible en ce qui concerne des équipements de mesure tels que ponts-basculés et machines d'essais de matériaux ⁽⁴⁾.

1.2. Planification pour des activités d'essais autres que la métrologie

Les essais officiels des matériaux et produits manufacturés sont dans bien des pays répartis sur plusieurs organismes selon le domaine d'application ou simplement pour des raisons administratives voire parfois historiques. Nous voulons cependant souligner que pour une pénétration efficace de la métrologie dans un pays et en vue d'améliorer la qualité de sa production, il est essentiel que les essais des matériaux et des produits soient effectués en liaison très directe avec le service de la métrologie nationale.

Il est cependant souvent souhaitable que ces deux types d'activités soient séparés en équipement et personnel. Il y a bien entendu des exceptions comme par exemple les essais de matériaux mécaniques où des étalonnages (de force, dureté et pression) peuvent faire partie des autres activités d'essais. Dans ces cas le facteur primordial pour choisir la meilleure solution est une utilisation efficace des ingénieurs et techniciens.

Dans beaucoup de pays en développement la situation est différente de celle des pays industrialisés où le commerce et la concurrence sont libres :

- le manque de devises et le chômage peuvent inciter les gouvernements à fortement favoriser une production locale par des taux de douane élevés ou des restrictions d'importation
- les gouvernements peuvent prendre des mesures particulières pour favoriser les industries d'exportation.

Dans les deux cas il peut être nécessaire de créer une sorte de contrôle technique sur les produits sujets à des licences de production en vue de maintenir des niveaux minimaux de qualité et d'éviter un usage abusif des arrangements de protection ou autres facilités accordées par le gouvernement. Même lorsqu'il n'existe pas de système particulier de promotion des exportations, le gouvernement peut être amené à intervenir directement ou indirectement afin d'éviter l'exportation des produits de basse qualité qui peuvent, à cause des bas prix pratiqués, trouver leur chemin sur le marché international. Ceci peut en effet à plus ou moins longue échéance détruire la réputation du pays en tant que producteur, ce qui plus tard risque de diminuer le volume global des exportations et réduire l'emploi.

Tous les systèmes de protection ou de promotion nécessiteront en général la création de normes nationales portant sur la qualité minimale,

⁽⁴⁾ Pour la planification de camions-étalons, voir la brochure du BIML : "Équipement mobile pour la vérification des ponts-basculés routiers", 1987.

les méthodes d'essai à employer, les moyens de surveillance dans les usines ainsi que, dans bien des cas, les essais de laboratoire des échantillons de production.

De tels systèmes existent déjà dans la plupart des pays industrialisés en ce qui concerne des matériaux et équipements faisant intervenir la sécurité ou la santé des individus (sécurité électrique, mécanique, radiations, etc.). Dans ces domaines il est généralement facile de trouver des normes internationales (ou nationales) ainsi que des méthodes d'essai comportant des descriptions de l'équipement nécessaire. Les publications de la Commission Electrotechnique Internationale (CEI) peuvent notamment fournir la base pour la planification des laboratoires d'essais électriques.

Dans d'autres domaines qui ne portent pas sur la sécurité des personnes, il est souvent difficile de trouver une base documentaire pour l'établissement des exigences sur la qualité minimale bien que quelques normes nationales relatives à l'application des "marques de qualité" puissent être utiles mais ne pas toujours être bien adaptées aux conditions locales. La situation est cependant meilleure en ce qui concerne les méthodes d'essai que l'on peut souvent trouver dans les normes de l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO) ou dans des normes éditées par d'autres organisations ou associations internationales ou nationales.

Alors qu'en métrologie on peut choisir assez librement l'équipement d'étalonnage en tenant compte de l'exactitude, facilité d'emploi, stabilité, nécessités de maintenance, coût et fournisseurs, etc, il est pour les essais de produits industriels absolument nécessaire de choisir l'équipement qui correspond à la méthode d'essai approuvée. Les documents ou normes qui décrivent les méthodes d'essai de produits spécifient en effet fréquemment des caractéristiques qui ne correspondent pas toujours à celles de tous les appareils d'essais disponibles sur le marché. La phase de planification des laboratoires d'essais de produits doit par conséquent commencer par le choix de méthodes d'essai suivi de l'acquisition d'un équipement d'essai conforme à ces méthodes.

L'ordre contraire peut occasionner des dépenses inutiles (et encombrer les entrepôts !).

L'étude des méthodes d'essai et des catalogues des fabricants de matériel d'essai doit permettre d'établir les exigences pour les laboratoires en ce qui concerne dimensions et installations nécessaires (et en particulier le conditionnement d'air).

1.3. Exigences pour essais ou vérifications sur place

On constate qu'une partie des essais peut (ou même doit) être effectuée dans les locaux des fabricants, auquel cas l'organisme officiel doit disposer d'étalons transportables pour vérifier sur place l'équipement d'essai du fabricant. Ces instruments peuvent par exemple comporter des calibres mécaniques, des capteurs de température, de force, de pression ou des instruments électriques. Ceci constituera ainsi une liaison valable entre la métrologie et les essais de produits et tend à promouvoir une coopération étroite entre ces deux disciplines. Le personnel s'occupant d'essais de produits doit également souvent emporter des matériaux de référence dont les caractéristiques peuvent être contrôlées par l'équipement du laboratoire central d'essais.

La supervision de pratiquement tous les systèmes de certification de la qualité nécessite également des visites inopinées chez les fabricants ainsi qu'éventuellement le prélèvement des échantillons de production. Les laboratoires d'essais et les laboratoires de métrologie doivent par conséquent disposer des moyens de transport appropriés (voitures et camions).

Nous voulons ici encore souligner que l'efficacité de toute activité de métrologie et d'essais dans les pays en développement dépend de la disponibilité des moyens adéquats de transport exclusivement réservés à cet usage ainsi que la prévision d'un budget suffisant pour couvrir les dépenses de fonctionnement de ces voitures et camions.

Les laboratoires centraux doivent aussi disposer de garages à proximité pour ces véhicules ainsi qu'un minimum de moyens pour leur maintenance.

2. CONCEPTION GENERALE des LABORATOIRES de METROLOGIE

Alors que les exigences concernant le conditionnement (température, stabilité aux vibrations, etc) sont souvent plus strictes pour les laboratoires de métrologie, ceux-ci sont en ce qui concerne les autres aspects plus faciles à planifier que ceux d'essais de matériaux pour lesquels davantage de place et de flexibilité sont nécessaires eu égard aux possibles changements imprévus dans le type et le volume des essais.

Nous essayons dans ce chapitre de spécifier les besoins et de proposer des schémas pour des laboratoires de métrologie de petite ou moyenne taille comportant également des activités annexes pouvant éventuellement faire partie d'un ensemble de laboratoires centralisés.

2.1. Répartition des activités

Les grandeurs ou domaines d'activité susceptibles de faire partie des laboratoires officiels de métrologie peuvent être répartis dans les groupes suivants :

- masse
- volume (et débit) de fluides
- longueur et angle (métrologie dimensionnelle)
- force et dureté pression
- température et humidité mesures de gaz (volume et masse) mesures électriques fréquence (et temps)
- photométrie
- mesures physico-chimiques (masse volumique, viscosité, saccharimétrie, etc)
- radiations ionisantes
- acoustique.

Les deux derniers domaines doivent de préférence faire l'objet de bâtiments indépendants dont la planification doit être faite de façon à inclure tous les moyens d'étalonnage et de surveillance requis par les autorités sanitaires et pour l'acoustique également ceux d'essais de matériaux de construction. Les exigences particulières pour ces bâtiments

ne sont pas incluses dans la présente brochure.

Il est habituel dans une planification d'établir un schéma montrant la répartition des activités selon certaines divisions. Il n'est pas conseillé d'établir un tel schéma avant de connaître plus précisément le volume de chaque activité métrologique ainsi que le volume des autres activités d'essai prévues et la disponibilité de personnel qualifié pour diriger les différentes divisions.

Ainsi, comme cela a déjà été mentionné, la métrologie de force, dureté et pression peut être incorporée dans la division des essais mécaniques de matériaux, mais ces grandeurs peuvent aussi faire partie de la division s'occupant de mesures de masse. D'autre part, si l'on prévoit que l'activité d'étalonnage métrologique pour l'industrie (volontaire ou sous forme de contrat) sera particulièrement importante, on peut créer une division ou un département spécial pour la métrologie mécanique en groupant la métrologie dimensionnelle avec les mesures de force, dureté et pression.

La division chargée des mesures électriques peut naturellement inclure la photométrie et les étalons de fréquence.

Les étalonnages effectués en thermométrie comportent de nos jours une partie importante de mesures électriques et cette activité peut par conséquent également être incorporée dans la division électrique si toutefois il n'est pas prévu d'entreprendre des mesures sur les gaz et la calorimétrie, auquel cas il peut être justifié de créer une division thermodynamique.

Dans les pays où l'utilisation des compteurs de gaz se limite à des applications de laboratoire et quelques applications industrielles, il ne sera probablement pas rentable d'établir un laboratoire spécial pour l'étalonnage des compteurs. Le gaz vendu en bouteille est généralement mesuré en unités de masse et sera ainsi généralement soumis au contrôle par des services ayant des relations directes avec le laboratoire de mesure de masse (à l'exception d'autres propriétés du gaz), voir également note au point 2.2.3.

A moins que des instruments de mesure physico-chimiques ne soient fabriqués dans le pays et ainsi nécessitent la présence de moyens primaires d'étalonnage, il est recommandé que l'instrumentation de référence pour ces activités soit conservée par le laboratoire officiel d'essais physicochimiques dans le domaine concerné. Cependant, lorsque de tels laboratoires n'existent pas, il est possible d'équiper le laboratoire de thermométrie avec les moyens de référence nécessaires ⁽⁵⁾.

Les besoins d'étalonnage dans le domaine de mesures électriques de haute fréquence doivent être examinés soigneusement en liaison avec les autorités responsables de la radiodiffusion, de la télévision et des télécommunications. A moins qu'il n'existe des industries électroniques importantes pour lesquelles on envisage une supervision du point de vue métrologique, il est en effet conseillé que les moyens d'étalonnage en haute fréquence soient installés dans les laboratoires de chaque administration concernée afin d'améliorer l'efficacité et l'adaptation aux

⁽⁵⁾ L'étalonnage de viscosimètres, densimètres et différents liquides de référence exige l'utilisation de bains thermostatés ainsi que des mesures de température de haute précision.

besoins locaux. Ce type d'équipement d'étalonnage est coûteux et doit en effet être adapté à l'équipement particulier à vérifier en ce qui concerne les types de connecteurs, bandes de fréquence, etc. Ce problème de coordination doit cependant être résolu déjà à un stade préliminaire, car il peut s'avérer difficile d'installer plus tard des chambres blindées (cages de Faraday) dans des bâtiments qui n'ont pas été spécialement conçus pour de telles installations.

Un étalon de fréquence sous une forme ou une autre, doit cependant exister dans le laboratoire central de métrologie et de préférence fonctionner dans un environnement climatisé. La dissémination des fréquences étalons aux utilisateurs dans le pays peut être effectuée de différentes façons et n'affecte pas la construction des bâtiments. La dissémination de signaux de temps crée davantage de problèmes à cause de la nécessité d'assurer la continuité de fonctionnement, ce qui exige des alimentations de secours etc. mais ne demande que peu de place sans affecter spécialement la construction du bâtiment.

Pour résumer les considérations ci-dessus, nous pouvons dire que les activités de métrologie peuvent être réparties sur un minimum de deux divisions : mécanique et électricité, et il se trouve qu'elles ont chacune des exigences particulières en ce qui concerne la construction des bâtiments.

Si l'on envisage d'associer, d'une façon ou d'une autre, les activités métrologiques avec des essais de matériaux et de produits manufacturés, il peut être préférable de séparer la division mécanique en deux parties distinctes : une s'occupant de mesures de masse et de volume et l'autre des mesures dimensionnelles (longueur et angle), force, dureté et pression. Comme l'importance primordiale de mesures de température et d'humidité se situera alors dans le domaine des essais physico-chimiques, il peut être envisagé de créer une division thermodynamique comportant également les autres types de mesures physico-chimiques.

Un schéma de l'ensemble des activités métrologiques conçu selon ces principes est indiqué dans la Fig. 1. Ce schéma devrait en effet convenir aussi bien du point de vue distribution des différents laboratoires individuels qu'en ce qui concerne les qualifications des cadres à recruter pour diriger ces divisions.

2.2. Bâtiments pour la métrologie

En suivant le schéma proposé à la Fig. 1 nous pouvons envisager différentes conceptions selon qu'il s'agit de construire des nouveaux bâtiments ou de reconditionner des anciens. On constate que cette dernière opération est souvent possible en ce qui concerne la métrologie électrique et thermique, y compris les essais de matériaux dans ces domaines à condition simplement de disposer d'une superficie totale suffisante. La métrologie mécanique et les essais mécaniques exigent cependant un espace suffisant au rez-de-chaussée et les installations d'étalonnage de masse et de longueur doivent de préférence être installées dans des locaux secs au sous-sol ou partiellement enterrés.

De plus, on doit disposer d'une salle de machines pour les mesures de masse et force, et pour d'autres équipements de métrologie mécanique (si cela est nécessaire une partie séparée de cette salle peut également servir aux essais de métaux et d'autres matériaux et équipements non-polluants). Une partie de la salle de machines doit permettre l'entrée de véhicules

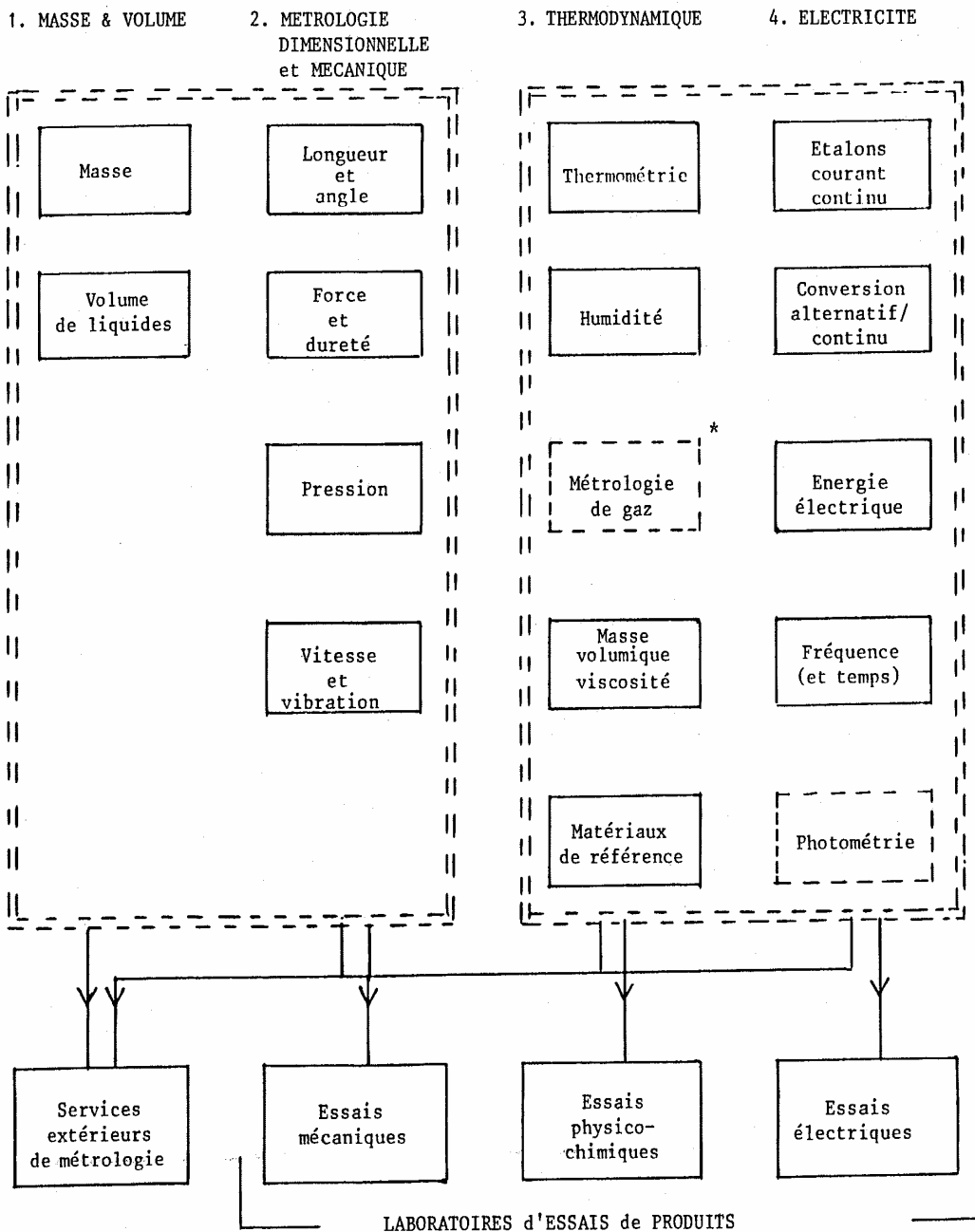


Fig. 1 - PLAN D'ORGANISATION DES ACTIVITES METROLOGIQUES
DANS LE LABORATOIRE CENTRAL

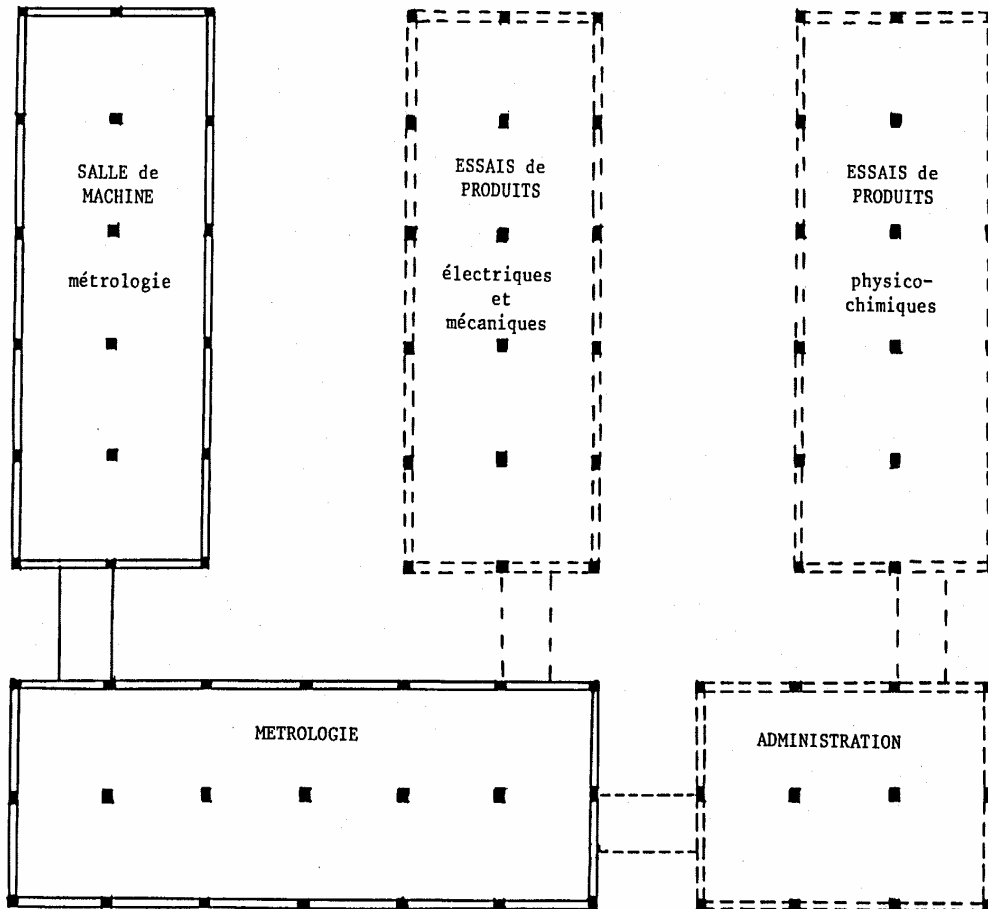
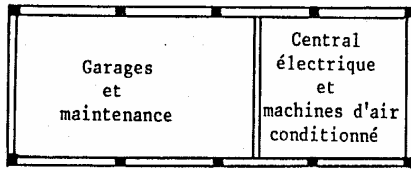


Fig. 2 - MODELE D'IMPLANTATION DES BATIMENTS DE METROLOGIE
PERMETTANT L'EXTENSION POUR ESSAIS DE PRODUITS

spécialement équipés servant aux vérifications chez les utilisateurs. L'étalonnage des masses lourdes et le déchargement d'équipement lourd peuvent exiger l'installation d'une grue ou d'un pont roulant (ou simplement l'utilisation d'élévateurs à fourches).

Il faut aussi s'assurer que les vibrations et chocs produits à l'intérieur des laboratoires ou provenant de l'extérieur ne risquent pas d'affecter les mesures et en particulier les installations primaires de masse et de longueur.

Toutes ces considérations, et le fait qu'il coûte souvent plus de reconditionner d'anciens bâtiments que d'en construire des neufs, doivent inciter les autorités concernées par la planification à sérieusement étudier les besoins, les relations internes entre les différentes activités ainsi que des extensions pouvant être nécessaires à l'avenir avant d'entreprendre la réfection ou reconstruction des anciens bâtiments et ceci en particulier en ce qui concerne la métrologie mécanique et les activités qui s'y rattachent.

Nous proposerons plus loin des schémas de laboratoires de petite ou moyenne taille dont la conception peut être modifiée selon les besoins, la surface disponible au sol et éventuellement la présence de bâtiments déjà existants.

2.2.1. Lieu de construction

Le lieu pour la construction des bâtiments doit être choisi de façon à être loin des routes à grande circulation, industrie lourde, lignes à haute tension et émetteurs radio à forte puissance. De plus le sol doit permettre la construction de laboratoires en sous-sol ou au moins partiellement enterrés.

Il y a des pays où cela peut être plus compliqué à cause d'un niveau élevé de la nappe d'eau souterraine. Il est dans ce cas possible de créer un sous-sol artificiel en entourant le bâtiment d'un très large remblai.

2.2.2. Construction, exigences générales

Certains laboratoires de métrologie ont été construits selon une conception très particulière de façon à obtenir un grand isolement thermique entourant des salles très vastes.

Nous pensons cependant que pour des raisons économiques, il peut être conseillé d'essayer d'utiliser des modules dimensionnels et matériaux courants mais de prendre des mesures particulières pour permettre l'installation de doubles murs, et de prévoir un isolement thermique et un conditionnement d'air particulier pour quelques-uns des laboratoires tout en respectant les modules dimensionnels courants.

Cette idée est illustrée par la Fig. 2 qui montre la disposition d'une forme économique et pratique de laboratoires de métrologie et d'essais. La superficie et la forme du terrain disponible doit guider le choix de la meilleure disposition. La plupart des laboratoires doivent être orientés de façon à éviter l'ensoleillement direct (c'est-à-dire de préférence au nord ou nord-ouest dans l'hémisphère nord et au sud ou sud-ouest dans l'hémisphère sud).

La figure montre également comment on peut, par des bâtiments annexes,

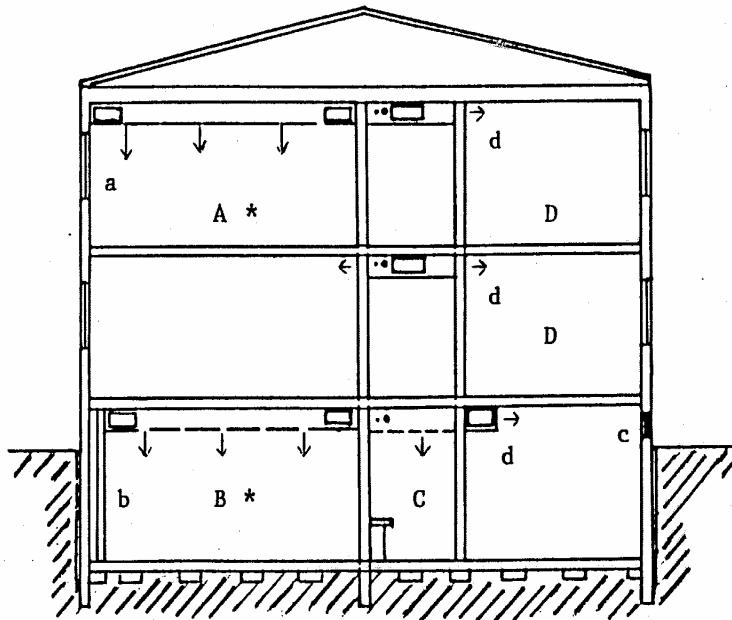
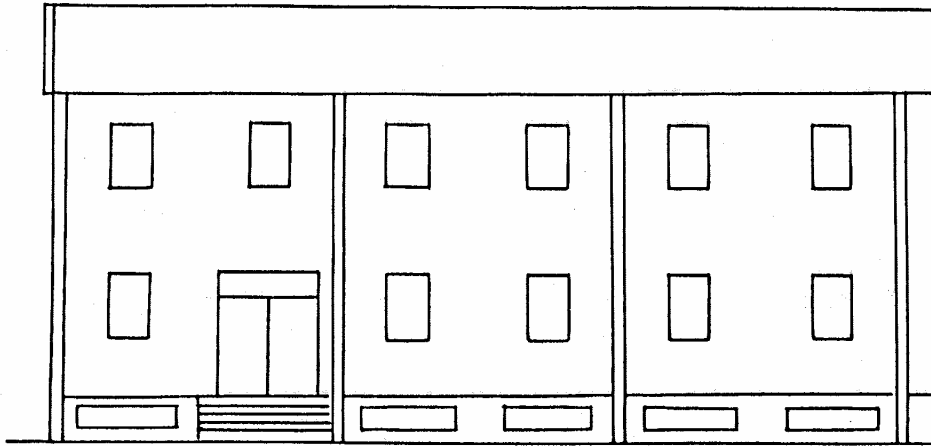


Fig. 3 - SECTION TYPE D'UN BATIMENT DE LABORATOIRE

- | | |
|--|---|
| A - Métrologie électrique | a - Double-fenêtre étanche à la poussière |
| B - Métrologie dimensionnelle
(mécanique) | b - Double mur d'isolation |
| C - Mesures des rubans | c - Briques de verre |
| D - Module de bureau | d - Conditionnement d'air normal |

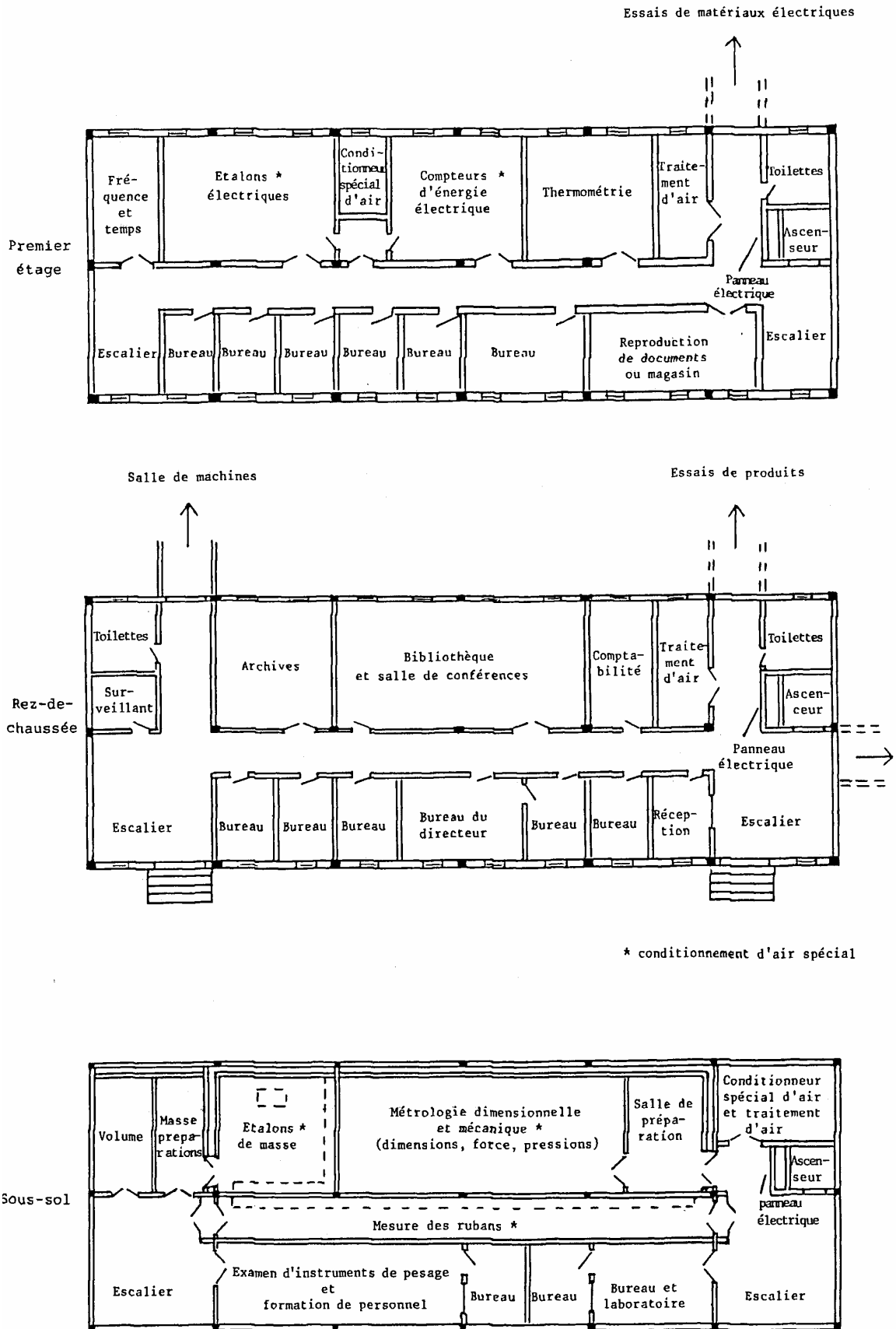


Fig. 4 - EXEMPLE DE DISPOSITION DU BATIMENT PRINCIPAL DE METROLOGIE

étendre les activités aux essais de matériaux et de produits manufacturés.

En ce qui concerne les matériaux de construction à utiliser, le bâtiment principal peut avoir une structure en béton armé avec des murs en briques de bonne qualité ou, si non disponibles, en parpaings creux. Des murs ou des panneaux de murs en béton doivent être évités pour différentes raisons (influences de vibrations, difficultés de fixation d'équipements sur les murs, isolement thermique médiocre, etc).

Les murs internes de séparation peuvent habituellement être faits en briques (ce qui permet des modifications, si nécessaire). Dans de nombreux laboratoires où l'on exige des surfaces de murs lisses et propres, les murs doivent recevoir une finition appropriée : plâtre et peinture si l'atmosphère est sèche, et peinture résistante et fongicide dans les pays de haute humidité ou dans les laboratoires à manipulation d'eau.

Le module de la structure en béton doit être choisi à environ 7 m de façon à ce qu'un demi-module convienne aussi bien pour certains laboratoires que pour les bureaux. La longueur de chaque corps de bâtiment (ou aile de bâtiment) doit être limitée à 6 ou 7 modules maximum du point de vue structural et pour permettre des communications faciles. Une élévation du bâtiment principal ainsi conçu est illustrée par la Fig. 3.

Les fenêtres ne doivent pas être trop larges (deux fenêtres par module avec des panneaux vitrés d'environ 100 cm de largeur). La hauteur libre à l'intérieur des laboratoires doit être au minimum 320 cm de façon à permettre l'installation de faux plafonds dans certaines salles et dans tous les couloirs.

Les couloirs doivent être suffisamment larges (au moins 2,3 m) pour permettre la circulation facile de chariots chargés d'équipement. Il est également très important que les escaliers et les portes soient suffisamment larges pour le passage des équipements de mesure et du mobilier (on conseille 80 cm pour les bureaux, 100 cm pour les laboratoires à demi-module et 2 x 100 cm pour les grands laboratoires).

Le revêtement des sols constitue fréquemment un problème et il est sujet à des compromis. Il doit supporter de fortes charges, être résistant à l'usure et au feu, dur, non sujet à retenir la poussière ni à produire de l'abrasion ou de l'électricité statique, facile à nettoyer et finalement, au moins dans les laboratoires et les bureaux, être attrayant à regarder. Des carreaux en agglomérat de pierre résistant aux charges lourdes peuvent être utilisés dans les couloirs et les passages et dans les laboratoires humides. Cependant pour la plupart d'autres laboratoires, il sera nécessaire de trouver un revêtement de plastique suffisamment dur, qui n'est pas sujet à créer de l'électricité statique. Des carreaux de vinyle comportant l'inclusion d'amiante ont beaucoup été utilisés par le passé et ont généralement donné satisfaction bien qu'ils cassent facilement si le support n'est pas parfaitement plan. Cependant comme tous les matériaux comportant de l'amiante sont de nos jours considérés comme présentant un risque de cancer, ce type de matériau n'est plus utilisé dans certains pays. Compte tenu de la grande variété de fournitures dans la plupart des pays, il est suggéré d'étudier avec soin ce problème avec les architectes et entrepreneurs en tenant compte des exigences énumérées ci-dessus. Dans tous les cas il sera nécessaire de préparer les sols d'une façon très soignée avant la pose du revêtement et celui-ci doit supporter sans marques visibles des charges produites par une masse d'au moins 100 kg répartie sur seulement un centimètre carré.

Pour les sols dans les ateliers et la salle des machines, les revêtements en plastique ne seront habituellement pas assez résistants et on peut alors envisager une finition en ciment incorporant des matériaux plastiques ou, plus simplement, la peinture de la couche de finition en béton en utilisant une peinture plastique spécialement adaptée à ces usages.

Un ascenseur sera nécessaire pour le matériel lourd en particulier si l'on envisage des essais de produits ou équipement dans le même bâtiment. Cet ascenseur peut cependant ne pas être nécessaire si l'on envisage exclusivement des activités métrologiques, auquel cas toute la manutention des équipements lourds s'effectue dans la salle de machines.

Lorsqu'un conditionnement d'air général est installé pour raison de confort, il sera nécessaire de prévoir un local spécial à chaque étage pour l'échangeur thermique et l'équipement de ventilation (traitement d'air).

Plusieurs laboratoires doivent, en plus, être équipés d'unités indépendantes de conditionnement d'air pouvant être régulées en température avec une grande précision. Il est par conséquent nécessaire de prévoir également de la place pour ces unités à des endroits connexes à ces laboratoires.

La machinerie centrale de chauffage et de production d'air conditionné pour le confort doit être placée à l'extérieur du bâtiment de métrologie, de préférence dans un bâtiment à part.

La distribution d'eau et l'écoulement des eaux usées doivent s'effectuer exclusivement par un système vertical dans tous les bâtiments alors que l'air conditionné et l'électricité seront distribués horizontalement pour chaque étage avec des répartiteurs et panneaux de contrôle situés près des cages d'escaliers.

Les exigences en ce qui concerne la distribution électrique seront traitées au point 2.2.5.

Pour des raisons d'efficacité et de dissipation thermique, tout l'éclairage sera fourni par des tubes fluorescents.

2.2.3. Estimation de l'espace nécessaire

Il est en général plus facile d'estimer l'espace nécessaire pour les activités liées aux étalons primaires que de planifier pour examen des instruments et équipements provenant des industries ou autres services publics. Les considérations et estimations données ci-dessous proviennent de l'expérience dans quelques pays en développement de taille moyenne et nous nous sommes limités aux activités métrologiques en considérant que les essais de matériaux et de produits seront effectués dans des bâtiments de laboratoire séparés, comme cela est indiqué dans la Fig. 2.

Compte tenu de l'importance que prennent souvent les services administratifs, il peut être préférable de construire dès le début un bâtiment séparé d'administration, relié aux différents laboratoires (voir Fig. 2).

Cependant, si les activités sont destinées à demeurer strictement limitées à la métrologie, il se peut que l'administration puisse, tout au

moins au début, être logée à un étage du bâtiment principal de métrologie comme cela est suggéré en Fig. 4.

Les autres aménagements pour la métrologie dans la Fig. 4 ont été sélectionnés en présumant que les essais d'approbation de modèle de compteurs d'hydrocarbures et de gaz selon les exigences de l'OIML seront effectués à l'étranger par des laboratoires officiels et impartiaux qui en ont la compétence nécessaire.

Note : La vérification et l'ajustement de compteurs de gaz, eau et électricité est en général effectuée par la société ou l'administration chargée de la distribution.

Pour des compteurs domestiques de gaz, l'organisme de distribution peut typiquement disposer d'un banc d'étalonnage relié à un gazomètre étalon ayant par exemple une capacité de 4 m³, installé dans un laboratoire bien climatisé (stabilité de la température $\pm 0,3$ °C). Ce gazomètre peut être étalonné par déplacement d'eau en coopération avec le service officiel chargé de la métrologie.

Le service de distribution d'eau peut de la même façon disposer d'un banc d'étalonnage de compteurs d'eau utilisant des compteurs étalons, ou simplement de compteurs courants spécialement sélectionnés, qui sont étalonnés à l'aide d'une jauge fixe de 500 litres ou plus. Le service national de métrologie doit alors pouvoir vérifier sur place cette jauge et l'ensemble de l'installation qui, si elle permet une variation suffisante de débit, peut également servir pour des approbations de modèle de compteurs courants. Par conséquent il ne sera pas nécessaire d'immobiliser un laboratoire spécial pour les compteurs d'eau dans les bâtiments centraux de métrologie.

Le problème des installations pour l'approbation de modèle des compteurs et ensembles de mesurage d'hydrocarbures est principalement que des résultats valables ne peuvent être obtenus que si ces compteurs et dispositifs sont testés avec les mêmes liquides que ceux pour lesquels ils sont effectivement destinés, ou au moins avec des liquides ayant la même viscosité. Ces installations doivent par conséquent comporter des groupes de pompage climatisés, des compteurs pilotes et jauges étalons ainsi que de grands réservoirs contenant des liquides plus ou moins inflammables.

Les considérations ci-dessus nous ont conduits à effectuer les estimations suivantes pour la surface minimale de différentes unités de laboratoire :

<u>Activité</u>	<u>Surface</u>	<u>Situation</u>
<u>1. Masse et volume</u>		
Laboratoire des étalons de masse incorporant la vérification des poids de précision et des balances de la classe II	50 m ²	sous-sol <u>conditionnement d'air spécial</u>
Examen des instruments Classe III et IIII jusqu'à 30 kg	70 m ²	sous-sol (ou rez-de-chaussée)
Examen de balances et autres instruments de pesage encombrants	50 m ²	salle de machines
Étalonnage de masses de vérification pour ponts et balances routiers	25 m ²	salle de machines
Endroit pour le déchargement du camion étalon	50 m ²	salle de machines
Endroit de stockage de masses de vérification de forte portée	25 m ²	salle de machines
Atelier	25 m ²	salles de machines
Étalons de volume et étalonnage de verrerie jusqu'à 10 L	25 m ²	sous-sol (ou rez-de-chaussée)
Étalonnage et stockage de jauges de volume utilisées à l'extérieur (5 à 1000 L)	35 m ²	salle de machines
Bureaux (minimum 4)	60 m ²	rez-de-chaussée et/ou sous-sol
<u>2. Métrologie dimensionnelle et métrologie mécanique</u>		
Machines de mesure de longueur et d'angle, marbre, comparateur hydrauliques de force, machines d'essai de dureté, étalonneurs de pression	70 à 100 m ²	sous-sol <u>conditionnement d'air spécial</u>
Salle de préparation et de nettoyage	30 m ²	sous-sol (ou rez-de-chaussée)
Mesure des rubans (2 × 28 m)	56 m ²	sous-sol <u>conditionnement d'air spécial</u>
Bureaux (minimum 2)	30 m ²	sous-sol (ou rez-de-chaussée)

3. Thermodynamique (thermométrie)

Etalonnage de thermomètres et pyromètres optiques	40 m ²	premier étage
Etalonnage d'aéromètres	5 m ²	premier étage
Vérification d'hygromètres	5 m ²	premier étage
Bureau	15 m ²	premier étage

4. Electricité

Etalons électriques	70 m ²	premier étage <u>conditionnement d'air spécial</u>
Essais de compteurs d'énergie électrique	50 m ²	premier étage <u>conditionnement d'air spécial</u>
Fréquence (et temps)	30 m ²	premier étage 45 m ²
Bureaux (minimum 3)	45 m ²	premier étage

Si les activités doivent également comprendre la photométrie, celle-ci doit de préférence être combinée avec des essais de durée de vie de lampes, ce qui exige un espace supplémentaire comme cela est indiqué plus en détail au point 3.11.

De la place sera également nécessaire, par exemple dans la salle de machines, pour l'installation d'une grande chambre d'essais climatiques (4 x 4 m), pour des essais de vibrations (4 x 4 m) et pour un atelier de mécanique générale en particulier si des essais mécaniques de matériaux doivent être inclus dans les activités.

En ce qui concerne les bureaux, il faut réserver de la place pour des classeurs et armoires contenant la documentation et les rapports d'essais. (Il n'est pas souhaitable d'installer du mobilier de ce type dans les couloirs comme on en voit malheureusement dans beaucoup de bâtiments de bureaux). La superficie minimale des bureaux individuels a pour cette raison été choisie assez grande (15 m²). En plus il sera nécessaire d'installer dans les différents laboratoires du mobilier de travail pour les techniciens et le personnel de service.

2.2.4. Exigences particulières pour le conditionnement d'air en métrologie

Comme cela a déjà été mentionné et indépendamment du climat et du système de chauffage ou refroidissement prévu pour le confort, la métrologie et les essais de matériaux exigent en plusieurs cas l'utilisation de climatiseurs spéciaux afin d'obtenir des résultats reproductibles ou comparables. Les exigences sont généralement différentes selon le type ou l'exactitude des instruments ou des produits à essayer.

Si nous nous limitons à la métrologie, le but principal est d'obtenir :

- une température stable et
- un degré d'humidité relativement bas.

Il n'y a cependant souvent pas d'exigences très particulières en ce qui concerne les poussières sauf que toutes les entrées d'air frais doivent être équipées de filtres efficaces et que toutes les fenêtres soient étanches à la poussière.

En ce qui concerne l'humidité, l'effet le plus gênant en métrologie est généralement le risque de condensation conduisant à la corrosion dans les instruments mécaniques ou à une diminution de l'isolement électrique et même des claquages dans les instruments électroniques.

Le taux relatif d'humidité (pourcentage) varie largement avec la température, ainsi dans une chambre contenant une masse constante de vapeurs d'eau, il peut typiquement accroître de 5 % pour une chute de la température de seulement 1 °C. Aussi pour être sûr d'éviter la condensation, il faut toujours maintenir le taux d'humidité au-dessus de 70 % dans les salles de métrologie. De plus le système de conditionnement d'air dans ces salles doit fonctionner en permanence et en tous cas ne pas subir des interruptions journalières qui conduisent à la condensation soit directement sur l'équipement de métrologie, soit dans les conduites du climatiseur.

En ce qui concerne la température, le plus important est de maintenir une bonne stabilité plutôt que de réaliser un réglage exact de la température ambiante à une valeur donnée. Dans les salles de métrologie mécanique, la température est généralement standardisée à 20 °C; cependant beaucoup de machines de mesure utilisent des étalons internes ou externes en acier et l'influence de la valeur de la température ambiante est alors petite si les objets mesurés sont également en acier pourvu que ces objets soient à la même température que celle des étalons, d'où la nécessité de toujours maintenir la température ambiante constante. Dans d'autres cas on peut mesurer la température et en tenir compte pour les corrections si les fluctuations de la température ambiante sont faibles. Dans certains cas il sera également nécessaire de maintenir les gradients de température à l'intérieur d'un appareillage à un faible niveau, mais ceci peut généralement se faire en apportant une isolation thermique adéquate.

La stabilité de la température peut être obtenue de différentes manières. D'abord il sera nécessaire d'isoler convenablement les salles concernées de tous les murs qui ont une température différente (murs extérieurs). Ceci peut généralement être fait en construisant un double mur d'isolation réalisant ainsi un espace d'air. L'utilisation d'isolants en uréthane, qui est très efficace du point de vue isolement thermique, doit être évitée pour des raisons de sécurité en cas d'incendie.

Dans la plupart des laboratoires, il faut également éviter l'ensoleillement direct.

Certains laboratoires de métrologie ont été construits en utilisant un conditionnement d'air centralisé avec des atténuateurs à clapet installés et contrôlés individuellement pour chaque salle. Ces installations sont très efficaces et se justifient notamment lorsque plusieurs laboratoires adjacents doivent être contrôlés à la même température.

Lorsque le volume des activités est limité, il vaut cependant mieux installer des conditionneurs d'air indépendants pour ces salles en les

équipant chacun d'une régulation de température à haute précision. Les positions des entrées et des sorties d'air des salles doivent faire l'objet d'une attention particulière. Les meilleurs résultats sont obtenus si les planchers et les plafonds sont construits de façon à permettre la circulation d'air entre les deux.

Cet arrangement, qui nécessite un plancher supplémentaire, est souvent utilisé dans les salles d'ordinateurs et peut être avantageux pour des salles de métrologie dimensionnelle de haute précision qui exigent des gradients très faibles de température et qui comportent pour les machines à mesurer des supports antivibratoires isolés du plancher.

Comme la dissipation énergétique de la plupart des équipements de mesure mécaniques est faible, on peut cependant généralement capter l'air de retour par des conduites placées au niveau du plancher et distribuer l'air par des diffuseurs placés dans un double plafond et ainsi éviter à avoir recours à un plancher supplémentaire et indépendant. Ceci permet en effet une plus grande flexibilité dans la répartition des équipements de mesure et peut en tous cas être recommandé pour les laboratoires qui ne sont pas situés au sous-sol.

Il est très important que les conditionneurs d'air soient équipés de dispositifs de régulation de température (et d'humidité) par des capteurs qui peuvent être placés à des endroits appropriés dans les salles. Beaucoup de conditionneurs individuels comportent en effet seulement une régulation interne. Il faut par conséquent fournir aux entrepreneurs ou installateurs, en plus des descriptions, dessins et conditions météorologiques extérieures, les données-types suivantes :

Laboratoire	Personnel	Dissipation d'énergie	Température ⁽⁶⁾	Variation admissible de la température
Métrologie dimensionnelle	2	2 kW	20 °C (ou 23°C)	± 0,5 °C
Mesurage des rubans	1	1 kW	20 °C (ou 23°C)	± 1 °C
Étalons de masse	2	1 kW		± 0,5 °C
Étalons électriques	3	3 kW	23°C	± 0,5 °C
Compteurs d'énergie électrique	2	5 kW	23°C	± 1 °C

Le taux d'humidité ne doit en aucun cas dépasser 70 % dans les conditions climatiques extérieures les plus défavorables.

En pratique on trouve que les variations de température atteignent souvent le double des données des cahiers des charges et il peut être nécessaire de prescrire des variations même plus faibles de façon à éviter

⁽⁶⁾ La température de 20 °C sera trop faible dans un certain nombre de pays et difficile à maintenir sans risquer une humidité relative élevée. Si le choix se porte sur 23 °C en tant que compromis, il sera nécessaire de faire étalonner tous les étalons de référence à cette température.

l'installation de types de régulation trop grossiers. L'indication du nombre du personnel doit permettre à l'installateur de déterminer le taux d'entrée d'air frais.

Pour le laboratoire des étalons de masse, les exigences ne sont pas strictes en ce qui concerne la valeur même de la température ambiante, qui peut être comprise entre 18 et 27 °C. On doit cependant s'assurer que la température peut être maintenue stable à mieux que $\pm 0,5$ °C pendant plusieurs heures de façon à assurer une stabilité suffisante pendant une comparaison de poids. (Les balances électroniques à haute sensibilité peuvent dans ce cas exiger une stabilisation pendant Une période plus longue que pour les balances mécaniques). Il est de plus nécessaire d'éviter dans toute la mesure du possible des courants d'air et des variations de pression.

En conclusion de ces considérations et en tenant compte de la faible dissipation énergétique dans un laboratoire de masses étalons, la meilleure solution semble être de prévoir une circulation d'air dans l'espace entre les doubles-murs entourant la salle et seulement une petite entrée d'air extérieure pour le confort.

Il peut alors être possible d'utiliser le même appareil de conditionnement d'air pour le laboratoire de masses étalons et celui de mesures dimensionnelles (métrologie d'ingénieur) en plaçant les capteurs de température dans ce dernier. Ceci peut également être le cas pour les deux laboratoires de métrologie électrique, auquel cas les capteurs doivent être placés dans la salle des étalons électriques.

Dans la plupart des autres laboratoires de métrologie (température, volume, examen d'instruments de pesage de classe III, fréquence, etc.), il sera suffisant de maintenir la stabilité de la température à l'intérieur de quelques degrés, ce qui peut en général être obtenu par le conditionnement d'air général des bâtiments. Certains appareillages installés dans ces laboratoires (p.ex. en thermométrie) auront de toute façon des dispositifs individuels de régulation de la température. Il sera d'autre part souvent nécessaire de mesurer la température et parfois apporter des corrections. Il est cependant extrêmement important d'éviter de grandes variations de température entre jour et nuit et il sera par conséquent préférable de maintenir tous les systèmes de conditionnement d'air en fonctionnement sans interruption.

Il faut également noter que la température de certains types d'équipement tels que les étalons de fréquence et de temps ne doivent en aucun cas dépasser 30 °C.

Ces problèmes de climatisation ne se présentent bien entendu pas de la même façon dans les pays où il n'y a normalement pas besoin de refroidir l'air, auquel cas la température ambiante peut être maintenue relativement stable simplement par l'isolement et l'inertie thermique des bâtiments (pas de grandes fenêtres!) au moyen des dispositifs de chauffage thermostatés.

2.2.5. Exigences sur les installations électriques

Il est très important que les câbles de distribution internes aux différents laboratoires soient surdimensionnés par rapport aux besoins des équipements; en d'autres termes la puissance installée doit être grande par rapport à la puissance moyenne fournie par le transformateur central d'alimentation. Ceci est particulièrement nécessaire pour certaines

activités d'essais où une grande flexibilité est exigée afin de permettre des modifications de l'équipement d'essais sans avoir à modifier les lignes d'alimentation. En ce qui concerne la métrologie, le surdimensionnement des câbles permet de réduire l'effet des variations de chutes de tension dans les lignes internes.

La plupart des laboratoires doivent être fournis en courant triphasé + neutre même lorsqu'on n'utilise que des branchements monophasés. Ceci permet de répartir plusieurs circuits indépendants dans chaque salle et de prévoir une réserve. L'éclairage des salles et des couloirs ainsi que les appareils individuels d'air conditionné doivent bien entendu être branchés sur des circuits séparés.

A chaque étage doit être installée près de l'escalier une armoire de distribution (panneau de contrôle) avec des lampes de signalisation qui indiquent clairement les salles qui sont sous tension. Il n'est cependant pas approprié d'équiper ces panneaux de contrôle avec des disjoncteurs qui permettent trop facilement de couper l'alimentation de l'ensemble des lignes de l'étage. Cette opération doit normalement exiger l'ouverture de la porte du panneau.

Plusieurs types d'activités dans les laboratoires peuvent en effet nécessiter le fonctionnement continu de l'alimentation électrique, d'autres peuvent au contraire exiger que le courant soit coupé pour des raisons de risques d'incendie lorsqu'il n'y a plus personne dans la salle de laboratoire.

Pour ces raisons la commutation de l'énergie électrique s'effectuera individuellement par un disjoncteur placé à l'entrée de chaque salle. Il sera par conséquent nécessaire d'installer une ligne spéciale de signalisation reliant chaque tableau de laboratoire au panneau de contrôle placé près de l'escalier où un gardien peut facilement voir quels sont les laboratoires sous tension et ensuite vérifier à l'entrée de chaque salle si ce fait est motivé par une affiche appropriée placée sur la porte.

Chaque salle de laboratoire doit être équipée d'une ligne de terre de sécurité qui doit être branchée de sorte qu'elle ne puisse en aucune circonstance servir de neutre à un circuit monophasé. De plus il sera nécessaire, en particulier dans les laboratoires de chimie et dans les laboratoires humides, d'installer des disjoncteurs différentiels réglés pour un faible courant de fuite.

La mise à la terre correcte de la ligne de terre doit être vérifiée par des spécialistes à l'occasion de l'inspection d'acceptation de l'installation électrique des bâtiments.

Le tableau de contrôle placé à l'entrée de chaque salle de laboratoire doit, en plus d'un disjoncteur général (contacteur à poussoirs ou similaire), comporter un certain nombre d'interrupteurs (automatiques) monophasés pour les différentes lignes réparties dans la salle; par exemple un pour chaque mur et deux ou plus en réserve pour des équipements spéciaux. Ces interrupteurs doivent de préférence être du type modulaire et permettre des combinaisons pour 16, 25 ou 32 A. Si l'alimentation monophasée est de 220 à 240 V, il paraît raisonnable de dimensionner les différentes lignes ainsi que les interrupteurs automatiques (ou à fusible) pour 16 A. Les instruments et appareils d'essais doivent de toute façon être protégés par leurs propres fusibles. Des câbles spéciaux doivent être installés individuellement dans chaque salle au fur et à mesure pour les

équipements consommant davantage de courant ou nécessitant une alimentation triphasée.

Les prises monophasées doivent en général supporter un courant de 16 A et être munies d'une broche de terre de façon à être non-inversibles et ainsi éviter que le branchement du neutre puisse occasionnellement être inversé. Pour la même raison il est important que les positions du neutre de toutes les prises soient vérifiées lors de l'inspection d'acceptation des installations électriques. Les prises dans les laboratoires humides, la salle de machine et les ateliers doivent être du type protégé contre les projections d'eau.

Si le disjoncteur principal d'un laboratoire est du type à poussoir, on doit s'assurer qu'il est connecté de façon à se réarmer automatiquement après une panne de courant.

Les ampérages de chaque laboratoire sont estimés au chapitre 3 pour une alimentation monophasée de 220 V et de 380 V en triphasé. Si d'autres systèmes sont utilisés, il faut convertir les indications en conséquence.

3. DESCRIPTIONS des LABORATOIRES de METROLOGIE

Nous donnons dans ce chapitre quelques indications de détail pour le schéma type illustré par la Fig. 4.

3.1. Laboratoire des étalons de masse

Activités : - Comparaison des poids étalons secondaires par rapport aux étalons nationaux de référence

- Vérification de poids de précision (classe F_1 , F_2 et M_1)
- Essais de balances analytiques et balances pour métaux précieux (classe II)

Equipement : - Poids étalons primaires et secondaires (conservés dans des armoires métalliques)

- Une série de quatre balances analytiques pour les comparaisons des poids étalons de portée 20 g à 2 kg
- Une balance de 20 kg à bras égaux (ou comparateur de masse électronique)
- Une série de trois balances électroniques de différentes capacités jusqu'à 30 kg reliées à une imprimante pour l'étalonnage rapide de poids

Salle sans fenêtres thermiquement isolée afin de maintenir une stabilité de la température de $\pm 0,5$ °C pendant plusieurs heures, si nécessaire par l'utilisation de circulation d'air climatisé entre doubles parois. Petite ouverture réglable d'amenée d'air frais pratiquée près de la porte d'entrée et munie d'un filtre

Tableau de distribution d'électricité 220 V à l'entrée pour deux circuits monophasés de 16 A alimentant des prises placées au-dessus des bancs, voir ci-dessous Deux bancs en pierre, un pour les balances primaires de 20 g à 2 kg et l'autre pour des essais occasionnels de balances de précision et pour la vérification rapide des poids utilisant les balances électroniques. Chaque banc

doit être recouvert de marbre poli ou d'un matériau similaire et cette surface doit se trouver à environ 75 cm du sol. La largeur des bancs doit être de 65 cm. Les bancs peuvent être soutenus par des piliers de 24 x 55 cm construits en briques, recouverts de mortier lisse et peints. Les bancs doivent couvrir deux côtés de la pièce, chaque banc ayant environ 5 m de longueur. Des doubles prises de courant monophasé plus terre doivent être installées tous les deux mètres à 90 cm du sol au-dessus de ces bancs.

- Un support pour la balance de 20 kg selon les exigences de son type de construction ou plus généralement en utilisant un plateau en pierre ou marbre de dimensions 140 x 75 cm placé à une hauteur de 75 cm du sol et soutenu par deux piliers en brique de 24 x 65 cm recouverts de mortier fin et peints.
- Trois armoires en acier 50 x 100 cm, hauteur 200 cm avec étagères renforcées de façon à supporter de lourdes boîtes de poids (la charge d'essai des étagères doit être de 200 kg)
- Deux tables sur roulettes pour les boîtes de poids
- Une table du type laboratoire servant de bureau.

3.2. Laboratoire pour l'essai des instruments de pesage du commerce

Activités : - Essais (en vue d'approbation de modèle) des instruments de pesage classes III et IIII de portée jusqu'à 30 kg - Formation d'agents de vérification (activité temporaire)

Equipement : - Séries de poids d'essais

- Machine de chargement et déchargement de poids pour essais des effets d'usure

Aménagements : - Salle avec petites fenêtres (ou briques de verre) partant à une distance d'environ 2 m du sol

- Pièce adjacente servant de bureau et séparée de la salle par une large vitrine de 2 x 1,2 m partant à environ un mètre du sol et permettant une visibilité complète de la salle du laboratoire
- Puissance électrique du tableau de commande : 220/380 V, 25 A en triphasé avec six circuits monophasés protégés à 16 A chacun
- Double prises en monophasé de 16 A distribuées à des intervalles de 2 m et placées à environ 1 m au-dessus du sol
- L'ameublement comporte surtout un grand nombre de tables (16 ou plus) qui peuvent selon les besoins être rangées le long de murs ou autrement
- Trois armoires en acier de conception robuste de 100 x 50 cm, qui peuvent être installées le long du mur latéral à la porte d'entrée

3.3. Laboratoire de volume

Activités : - Etalonnage des étalons secondaires de volume et de verrerie de laboratoire jusqu'à 10 L

Equipement : - Batterie d'étalons à débordement (burettes automatiques)

- Série de balances uni-plateau (mécaniques ou électroniques) ayant une portée jusqu'à 30 kg pour étalonnages gravimétriques de mesures étalons et de verrerie

Aménagements : - Alimentation en eau distillée ou déminéralisée

- Tableau de distribution électrique 220 V 25 A avec disjoncteur différentiel. Prises simples en monophasé 16 A du type protégé contre les projections distribuées à des intervalles de 2 m le long des murs à 1 m au-dessus du sol
- Deux armoires
- Six tables de laboratoire

3.4. Laboratoire de métrologie dimensionnelle et métrologie mécanique

Activités : Toutes ou une partie des activités suivantes

- Etalonnage de calibres à bouts
- Etalonnage de règles à traits (jusqu'à 1 ou 3 m)
- Mesures dimensionnelles de précision et rectitude (sur marbre)
- Mesures d'angle
- Vérification des vis de précision
- Mesures d'états de surface
- Etalonnage de manomètres et baromètres utilisant des balances à piston et un mano-baromètre étalon
- Comparaison de dynamomètres utilisant des comparateurs hydrauliques
- Mesures de dureté

Equipement : Instruments principaux seulement :

- Machine à mesurer universelle (capacité 1 à 3 m) permettant la comparaison de calibres à bout et étalonnage de règles divisées, ainsi que des mesures de diamètres, etc., installée sur des supports en brique et béton selon les indications du fabricant de la machine
- Projecteur de profil (agrandisseur optique du contour des pièces)
- Marbre (en granit) 1500 x 1000 mm sur supports fournis par le fabricant
- Enceinte pour l'étalonnage de baromètres, mano-baromètre étalon
- Balances manométriques étalons (manomètres à piston)
- Comparateurs hydrauliques pour dynamomètres et cellules de charge (jusqu'à 700 kN)
- Eventuellement : machines de mesure de la dureté Brinell, Vickers et Rockwell

Aménagements : - Salle ayant une climatisation indépendante assurant une très bonne stabilité de la température (meilleure que $\pm 0,5$ °C avec une humidité relative inférieure à 70 %), absence de fenêtres. Distribution uniforme de l'air par double plafond

- Panneau d'alimentation électrique à l'entrée de la salle ou dans la salle de préparation : 220/380 V triphasé 25 A avec trois circuits monophasés installés pour prises de 16 A
- Certains instruments seront installés à même le sol selon les indications du fabricant, le mobilier pour les autres étant comme suit :

- Deux tables robustes à d'atelier
- Six (ou plus) tables de laboratoire
- Six armoires en acier 50 x 100 cm avec étagères renforcées
- Deux petites tables sur roulettes
- Une table de bureau

Salle de préparation : Cette pièce doit servir comme sas pour le conditionnement d'air et en même temps pour le nettoyage et le graissage de calibres à bouts et autres instruments mécaniques. Un évier en acier inoxydable avec alimentation en eau chaude et froide doit être installé dans cette pièce.

3.5. Laboratoire de mesurage des rubans

Activités : Comparaison et vérification de rubans de mesure et autres mesures à traits

Equipement : - Groupe de rubans étalons de 20 ou 25 m en acier avec dispositifs assurant une tension normalisée

- Compateur pour des mesures de commerce, capacité jusqu'à 5 m

Aménagements : - Couloir climatisé permettant soit le passage lorsqu'il n'est pas utilisé pour des mesures, soit seulement comme sortie de secours. Uniformité de la température meilleure que ± 1 °C le long du banc de mesure

- Prises en monophasé de 16 A réparties à des intervalles de 4 m, placées au-dessus du banc de mesure et reliées à un tableau de commande placé dans la salle de préparation
- Banc de support des rubans, longueur 26 m, placé le long d'un des murs et recouvert de plateaux en pierre polie ou marbre de largeur 50 cm, hauteur de la surface 90 cm par rapport au sol. Les plateaux de pierre peuvent être supportés par des piliers en brique placés à des intervalles d'environ 1,5 m. A chaque extrémité du banc il faut prévoir une place libre de 1 m pour l'installation d'un dispositif comportant une roue libre sur laquelle passe un fil servant à tendre le ruban à l'aide de contrepoids.

3.6. Laboratoire des étalons électriques

Activités : - Conservation des étalons de tension, résistance et capacité

- Etalonnage d'instruments électriques et électroniques en courant continu ou en courant alternatif de basse fréquence

Equipement : - Enceintes thermostatées comportant des piles étalons, bain d'huile pour les résistances, appareillage de transfert courant alternatif à courant continu, sources de tension et courant continu et alternatif, ponts de mesure de capacité, etc.

Aménagements : - Salle ayant une climatisation indépendante assurant une température de $23 \pm 0,5$ °C. Petites fenêtres doubles protégées par des rideaux épais mais laissant filtrer la lumière du jour. Porte d'entrée ouvrant sur un sas. Doubles-portes bien isolées servant seulement à entrer

les équipements encombrants directement du couloir

- Tableau de distribution électrique placé dans le sas pour 220/380 V 25 A triphasé avec trois circuits de prises protégés pour 16 A. Prises doubles + terre placées à 90 cm au-dessus du sol et réparties à des intervalles de 1 m le long des murs (excepté celui donnant sur le couloir)
- Tables de laboratoire placées le long des murs et en rangée libre (nombre estimé 22)
- Six armoires en acier 100 x 50 cm placées le long du mur donnant sur le couloir

3.7. Laboratoire des compteurs d'énergie électrique

Activités : - Etalonnage de wattmètres et compteurs d'énergie étalons secondaires

- Vérification de compteurs d'énergie électrique (par échantillonnage)
- Etalonnage de transformateurs de mesure

Equipement : - Etalon de puissance et énergie électrique

- Ensemble alimentation de compteurs et comparateur
- Banc de montage de compteurs comportant capteurs photoélectriques
- Ensemble étalonneur de transformateurs de mesure
- Meuble ouvert à étagères pour objets à étalonner

Aménagements : - Pratiquement les mêmes que pour le laboratoire des étalons électriques avec toutefois la puissance en courant augmentée à 40 A triphasé et le nombre de tables réduit à 8 et à 2 pour les armoires

3.8. Laboratoire de temps et fréquence

Activités : - Etalonnage des générateurs étalons de fréquence

- Dissémination de fréquence (et temps) étalon par des moyens appropriés (radio VHF ou en utilisant des horloges électroniques transportables)

Equipement : - Etalons de fréquence (horloges atomiques)

- Compteurs-comparateurs électroniques
- Récepteurs de très basse fréquence (VLF) ainsi qu'éventuellement un petit émetteur à très haute fréquence (VHF) pour la dissémination locale des fréquences et du temps
- Salle normalement conditionnée (mais dont la température ne doit en aucun cas dépasser 30 °C)
- Tableau de distribution électrique pour 220 V 25 A avec trois circuits monophasés protégés à 16 A. Prises doubles monophasées + terre disposées le long des murs à 90 cm au-dessus du sol et à des intervalles de 1 m

3.9. Laboratoire thermodynamique (thermométrie)

Activités : - Etalonnage de thermomètres électriques et en verre

- Vérification de pyromètres à filament disparaissant
- Vérification d'aréomètres
- Etalonnage d'hygromètres

- Equipement :
- Thermomètres à résistance étalons et thermocouples étalons
 - Bains et fours de comparaison
 - Ponts à résistance et voltmètres digitaux
 - Lampes à ruban de tungstène étalonnées
 - Alimentation stabilisée pour lampes
 - Bain thermostaté pour la comparaison d'aréomètres
 - Hygostat ou enceinte climatisé pour l'étalonnage d'hygromètres par comparaison à un hygromètre à point de rosée

- Aménagements :
- Salle normalement climatisée avec petites fenêtres et rideaux épais. Température 20 à 25 °C maximum (aux heures de travail)
 - Un évier en acier inoxydable avec alimentation en eau chaude et froide
 - Tableau de distribution électrique pour 220 V/380 V 40 A triphasé avec 3 circuits monophasés pour prises protégées à 16 A
 - Quatre armoires en acier 100 x 50 cm placées le long du mur donnant sur le couloir
 - Tables de laboratoire placées le long des autres murs ou au milieu de la salle. Nombre estimé à 14.

3.10. Salle de machines

- Activités :
- Etalonnage et ajustement de masses à forte portée (20 à 1000 kg)
 - Etalonnage par dépotement de jauges de 5 à 200 L
 - Examen de balances de forte portée de 50 à 2000 kg
 - Essais climatiques sur des instruments de pesage ou autres instruments et appareillages
 - Essais de vibrations ou autres essais mécaniques sur des petits instruments ou équipements
 - Atelier de mécanique (dans un compartiment séparé des autres activités)

- Equipement :
- Balances ou comparateurs électroniques de masse pour 20 à 1000 kg
 - Séries de masses étalons (50 x 20 kg et étalons de 500 ou 1000 kg)
 - Jauges étalons de 5 à 200 L à installation fixe, jauge mobile de 1000 L
 - Chambres d'essais climatiques (dont une de 16 m³ ou plus)
 - Table d'essais aux vibrations et aux chocs
 - Equipement d'atelier : perceuse, tour et fraiseuse
 - Hauteur libre de la salle minimum 5,5 m. Petites fenêtres placées à 3 m ou plus au-dessus du sol
 - Chauffage et conditionnement d'air de façon à maintenir la température selon saison entre 18°C minimum et 27°C maximum (en évitant des variations journalières de plus de 4 °C)
 - Le sol doit pouvoir supporter des masses réparties de 10 tonnes/m² en ce qui concerne la partie de la salle (environ 50 %) réservée à l'étalonnage et au stockage de masses de forte portée (le total de la charge sur ce sol sera au maximum de 100 tonnes). La charge ponctuelle du

sol dans cette partie peut atteindre celle produite par une masse de 3 tonnes sur une surface de 0,1 m². Le sol peut être recouvert d'une finition en béton incorporant des matières plastiques ou colorants ou simplement peint avec une peinture résistante ne retenant pas la poussière

- Cabine protégée et spécialement thermostatée pour le comparateur de masse de portée 20 kg (si nécessaire)
- L'entrée du camion doit être possible par une porte pliante (étanche à la poussière) de largeur 5,5 m et hauteur 5 m
- Un pont roulant, de portée 4 tonnes, doit de préférence être installé pour permettre le déchargement de masses d'essai et des équipements divers. (Si la hauteur ne permet pas l'installation d'un pont roulant, on peut utiliser un élévateur à fourche de capacité 2 tonnes)
- Tableau de distribution électrique de 220/380 V triphasé 100 A. Des prises en monophasé du type protégé contre les projections doivent être distribuées à des intervalles de 3,5 m le long des murs, l'alimentation des différentes machines et des chambres climatiques s'effectuant par des circuits particuliers selon les besoins
- Distribution d'eau : des robinets doivent être placés près de chaque pilier le long d'un des murs avec des grilles d'évacuation des eaux usées dans le sol. Deux éviers en acier inoxydable doivent également être installés sur ce mur
- Distribution d'air comprimé près de chaque pilier le long de deux murs principaux, le compresseur étant de préférence installé au dehors du bâtiment principal
- Six tables de travail de conception très robuste
- Quatre armoires en acier du type renforcé

3.11. Photométrie

Puisque la photométrie ne fait souvent pas partie de la métrologie légale proprement dite, nous ne l'avons pas incluse dans les schémas simplifiés de la Fig. 4. Cependant lorsque les activités de métrologie légale sont combinées avec des essais de produits électriques, il est en général approprié de prévoir un laboratoire de photométrie dans lequel on peut effectuer des mesures de flux lumineux de lampes incandescentes ou fluorescentes dans le cadre des activités de contrôle de la qualité. Le laboratoire de photométrie peut aussi occasionnellement être amené à étalonner des illuminancemètres (luxmètres)

Equipement : - Groupes de lampes incandescentes utilisées comme étalons de flux lumineux d'intensité lumineuse

- Sphère intégrante, diamètre 2,5 m de façon à accommoder aussi bien des lampes fluorescentes que des lampes incandescentes
- Banc pour l'étalonnage d'illuminancemètres comportant un support réglable pour la lampe étalon et des protections contre des réflexions par des rideaux en velours noir
- Photomètre linéaire digital et colorimètre
- Voltmètre digital pour courant continu et alternatif
- Alimentations stabilisées en courant continu pour 110 et 220 V 5 A
- Alimentation stabilisée de 1 kW courant alternatif pour lampes fluorescentes

Aménagements : - La hauteur libre minimale du laboratoire doit être de 3,2 m, de préférence encore plus, de façon à permettre l'installation de la sphère. Les dimensions au sol de la salle doivent être au minimum 7 x 7 m ou 50 m². La salle ne doit pas avoir de fenêtres et l'entrée du laboratoire doit comporter deux portes à deux battants séparées par un sas. La température ambiante doit être maintenue stable à ± 3 °C lorsque la dissipation énergétique varie de 0 à 2 kW

- Six tables de laboratoire
- Six armoires en acier dont deux comportant des supports pour conserver les lampes étalons dans leur position normale de travail
- Quatre tables roulantes
- Tableau de distribution électrique (placé dans le sas) pour 220/380 V, 25 A triphasé avec trois circuits monophasés de 16 A pour des prises en monophasé + terre installées près des emplacements des tables de laboratoire et du banc optique.

Les essais de durée de vie de lampes doivent s'effectuer dans une salle à proximité immédiate (surface minimale 70 m²) et ayant une bonne ventilation naturelle (dissipation jusqu'à 15 kW).

4. ESSAIS de PRODUITS et d'EQUIPEMENTS

4.1. Introduction

Comme cette brochure est surtout axée sur les activités métrologiques, nous allons seulement brièvement traiter de quelques activités typiques d'essais de produits et équipements dont un service officiel dans un pays en développement peut être amené à s'occuper et en particulier celles qui, d'une façon ou d'une autre, exigent des étalonnages dans les laboratoires de métrologie et pour cette raison peuvent être intégrées dans le même ensemble de laboratoires (voir Fig. 2).

Les activités typiques sont d'abord celles qui concernent la sécurité humaine et qui sont souvent l'objet de prescriptions de caractère légal, comme cela est par exemple le cas pour les équipements et fournitures électriques, certains matériaux de construction et les enceintes sous pression. Ces produits ou équipements font souvent l'objet de normes nationales ou internationales en ce qui concerne aussi bien les exigences que les méthodes d'essais.

D'autres essais peuvent s'étendre à un grand nombre de produits pour lesquels on envisage d'implanter des systèmes de contrôle de qualité obligatoires ou volontaires dans des buts de protection du consommateur, de certification aux normes, octroi de licences de fabrication, promotion des exportations etc. Ces dernières activités peuvent notamment comporter un volume important d'essais de chimie analytique décrits dans d'autres publications⁽⁷⁾.

⁽⁷⁾ Par exemple dans les normes ISO. Un manuel sur l'établissement d'un laboratoire d'essai est en préparation par ISO-DEVCO.

4.2. Considérations générales sur la planification de laboratoires d'essais de produits

L'expérience a montré qu'on ne peut pas assez répéter ce qui a déjà été dit dans le premier chapitre :

L'ACQUISITION D'UN APPAREILLAGE D'ESSAIS DE PRODUITS ET LA PLANIFICATION DES LABORATOIRES DOIVENT ETRE PRECEDEES PAR L'ADOPTION DE METHODES D'ESSAIS PARTICULIERES A CES PRODUITS.

On constate en effet trop fréquemment qu'un appareil d'essais acheté trop rapidement ou lorsque des fonds sont soudainement disponibles, ne présente pas les caractéristiques correspondant à la méthode d'essais adoptée. Il est nécessaire lors des acquisitions des appareillages d'essais de vérifier par le détail qu'ils correspondent réellement à toutes les exigences de la norme. Ceci peut nécessiter un échange de correspondance supplémentaire avec le fabricant.

A cette occasion il est bon de rappeler que certains équipements d'essais peuvent être très attrayants du point de vue méthode de mesure, exactitude, présentation et facilité d'emploi, été, en bref des caractéristiques qui généralement peuvent enchanter un spécialiste en métrologie. Cependant, en ce qui concerne les essais de produits, le but est en général d'obtenir une bonne reproductibilité par rapport aux essais effectués dans d'autres laboratoires. Les essais doivent par conséquent se faire dans des conditions identiques et pratiquement sans rechercher à obtenir les caractéristiques physiques réellement exactes des produits essayés. La règle générale des essais de produits est : même température, même humidité, même vitesse d'essai, même force ou pression, même séquence des essais, même nombre de cycles d'essai, etc, etc.

Des comparaisons par interpolation ou extrapolation des données obtenues dans des conditions légèrement différentes n'ont pas toujours la valeur escomptée. De plus, certains essais en particulier sur des polymères, textiles, etc. dépendent beaucoup de l'humidité et de la préparation ou histoire précédente de l'échantillon. L'absorption d'humidité de beaucoup de produits dépend énormément de la température de stockage.

4.3. Climats d'essai de produits

L'essai de produits mécaniques et même électriques peut généralement s'effectuer dans des laboratoires dont la climatisation n'est pas critique, c'est-à-dire entre 15 et 30 °C avec un taux d'humidité relative ne dépassant pas 70 %.

Cependant, un grand nombre de textiles et polymères exigent une climatisation qui peut même être plus difficile à réaliser qu'en métrologie. En effet le climat de référence exigé pour les textiles et dans certains pays également pour les polymères, est de 20 ± 2 °C et 65 ± 2 % d'humidité relative. Pour les essais de papiers, ainsi que dans certains pays également pour les cuirs, les plastiques et le caoutchouc, la pratique internationale est maintenant de choisir 23 ± 1 °C et 50 ± 2 % d'humidité relative. Pour le choix du climat d'essais, il est par conséquent nécessaire de consulter dans chaque cas les plus récentes normes concernant aussi bien la méthode d'essais que le produit lui-même.

Ces climats représentent cependant des conditions de référence qui s'appliquent particulièrement aux caractéristiques des matériaux incorporés dans des produits destinés à l'exportation. En ce qui concerne des produits

qui doivent être utilisés localement comme par exemple les peintures, il sera nécessaire de choisir des climats d'essais et des moyens d'exposition qui reflètent au mieux les conditions locales en se basant par exemple sur les données météorologiques moyennes pendant le mois le plus chaud ou le plus humide de l'année. Ces types de climat doivent également être réalisés au laboratoire avec l'exactitude nécessaire pour obtenir des résultats reproductibles dans le temps.

En bref les laboratoires chargés des essais de textiles, papiers et différents types de polymères doivent être équipés de groupes indépendants d'air conditionné qui peuvent être réglés individuellement de façon à correspondre aux exigences des normes internationales ou nationales.

Il faut souligner cependant qu'une régulation avec une variation maximale de l'humidité relative de $\pm 2\%$ ne peut pratiquement jamais être réalisée dans une salle où il y a des personnes qui travaillent et qu'on ne réalise qu'avec grande difficulté cette exactitude dans des enceintes climatiques de faible volume. La régulation de l'humidité dans des laboratoires bien conçus et pourvus d'un sas d'entrée est en général au mieux maintenue à $\pm 5\%$ pendant une semaine. Il sera cependant nécessaire d'exiger des fournisseurs de l'équipement de climatisation que l'humidité relative soit toujours maintenue entre ces dernières limites considérées comme extrêmes. Les capteurs d'humidité utilisés sont d'ailleurs souvent sujets à des dérives et l'équipement d'air conditionné doit être ajusté régulièrement et suivant la saison de l'année. Des enregistreurs de température et d'humidité de bonne qualité doivent toujours être disponibles et vérifiés par rapport à des thermomètres étalons et des psychromètres type Assman ou à point de rosée. Si cela n'est pas effectué, on risque d'avoir à constater une fausse évolution avec le temps dans les résultats d'essais sur certains matériaux particulièrement sensibles.

Les salles de laboratoire où doivent être installés certains instruments sophistiqués d'analyse physico-chimique (tels que spectromètres atomiques, etc.) exigent souvent une climatisation spéciale à effectuer selon les indications du constructeur.

La surface au sol nécessaire pour installer un groupe indépendant de conditionnement d'air pour un laboratoire ayant un volume de 150 m^3 est au minimum de $2 \times 3\text{ m}$ en tenant compte de la place nécessaire pour les conduites d'air, panneaux de contrôle etc (mais sans inclure une ventilation à lavage d'air du type nécessaire pour un laboratoire d'essais de séchage de peintures).

Les ensembles comportant un seul bloc de conditionnement d'air construits pour installation directe dans une salle de laboratoire demandent moins de place mais leur acquisition doit généralement être évitée à cause des bruits et vibrations et nécessité de maintenance plus fréquente. Des locaux réservés à l'installation des groupes indépendants doivent par conséquent être prévus. Il peut alors être avantageux de combiner cet espace avec le sas constituant l'entrée normale de la salle de laboratoire. De la place peut alors également être économisée si deux laboratoires qui doivent être climatisés indépendamment sont localisés de façon à réaliser un espace commun entre eux où peuvent être installés les deux climatiseurs avec un sas permettant l'entrée aux laboratoires de chaque côté. Les conditionneurs d'air de la taille considérée ici auront généralement des condenseurs refroidis par un liquide nécessitant l'installation d'une ou de plusieurs tours de refroidissement sur le toit ou au dehors du bâtiment.

Les exigences pour les systèmes d'air conditionné des différents laboratoires doivent être incorporées dans les études des bâtiments dès le début de la planification.

4.4. Essais de produits mécaniques, textiles, caoutchouc, etc

Des essais mécaniques à faible échelle sur des métaux peuvent être exécutés dans les laboratoires prévus pour la métrologie. Il est pour ces besoins en effet seulement nécessaire de prévoir une machine d'essais de la dureté (généralement Rockwell) et une machine d'essais en traction d'une capacité de 100 kN qui peut être installée dans la salle de machine déjà prévue pour la métrologie.

L'essai, par un prélèvement fréquent d'échantillons, de produits finis comme par exemple les aciers d'armement, exige de la place pour la préparation des éprouvettes ainsi qu'éventuellement de machines de plus forte capacité. Il sera alors nécessaire de prévoir une salle de machine supplémentaire équipée d'un atelier.

L'essai des échantillons de bouteilles de gaz et autres réservoirs sous pression, avec de l'eau fournie par une pompe hydraulique, exige une petite annexe de 25 m³ installée dans ou en dehors de la salle de machine et construite de sorte qu'il n'y ait pas de danger pour le personnel en cas de défaillance mécanique des matériaux essayés.

Les essais d'autres équipements tels que cuisinières ou réchauds à gaz, etc. peuvent également exiger davantage de place et une évacuation naturelle de la chaleur par une hauteur suffisante de la salle (4 m ou plus).

Les matériaux de construction doivent, à cause des problèmes d'échantillonnage et de transport, généralement être essayés sur le lieu de leur fabrication ou d'emploi. Cependant, si l'on envisage d'effectuer de tels essais dans un laboratoire central, il sera nécessaire de prévoir une salle de machine spéciale ou au moins de réserver une partie d'une salle de machine pour ces essais qui sont souvent polluants.

A cause de la nécessité de disposer d'un personnel spécialisé pour ces types d'essai, la création d'un laboratoire d'essais de matériaux de construction (autres que fers d'armement) doit être envisagée non seulement du point de vue des besoins de vérifier par échantillonnage quelques matériaux de construction mais également dans le but de recherche et développement et pour établir des normes de construction adaptées aux conditions locales.

Les essais des textiles exigent au minimum un laboratoire de 25 à 30 m² ayant une climatisation spéciale.

Les essais mécaniques sur des plastiques et du caoutchouc peuvent aussi nécessiter un local spécialement climatisé de la même taille. Selon le type de climat adopté, il peut être possible d'inclure les essais des papiers et cuirs dans l'un ou l'autre de ces laboratoires. Dans les deux cas, les salles d'essais doivent communiquer chacune avec une salle de préparation (de 40 à 50 m²) ventilée par le conditionnement d'air général du bâtiment.

L'essai de peintures exige aussi une salle spécialement climatisée en particulier pour le séchage des échantillons dont les vapeurs doivent être

évacuées par une ventilation particulière du type lavage d'air.

Les trois laboratoires de textiles, polymères et peintures peuvent être installés au rez-de-chaussée dans une aile du bâtiment ou dans un "bâtiment de chimie" séparé. Les trois laboratoires d'analyses inorganique, organique et biologique peuvent alors être installés à l'étage au-dessus, près du toit, afin de faciliter l'évacuation des hottes par des ventilateurs placés de préférence sur le toit du bâtiment.

Les instruments d'analyse physique utilisés pour les essais de produits peuvent être installés dans deux pièces de la taille des bureaux et groupés de façon à inclure les spectromètres infrarouges et ultraviolets dans une des pièces et le chromatographe en phase gazeuse et le spectromètre à absorption atomique dans l'autre. La stabilité de la température dans ces deux pièces doit cependant être maintenue à environ ± 2 °C pendant une journée de travail, ce qui peut parfois exiger une installation particulière d'air conditionné.

4.5. Essais de matériaux électriques

Les produits électriques typiquement soumis à des essais par échantillonnage sont câbles, fils, supports de lampes, interrupteurs, connecteurs, prises de courant, accumulateurs pour voitures, piles, etc.

Tous ces objets font l'objet de publications de la Commission Electrotechnique Internationale (CEI) qui donnent tous les détails concernant les exigences, les méthodes d'essais ainsi que les différents dispositifs et appareillages nécessaires pour les essais. Un grand nombre des dispositifs décrits doivent cependant être fabriqués à la demande par des ateliers spécialisés. Les machines d'essais d'usure des fiches, prises et interrupteurs doivent faire l'objet d'une attention particulière et il est conseillé de consulter d'autres organismes nationaux effectuant ces essais en vue d'obtenir les adresses des meilleurs fournisseurs de ce type de matériel.

Il n'est pas nécessaire de prévoir d'installations spéciales de conditionnement d'air pour les laboratoires d'essais de produits électriques. Le local utilisé pour les essais d'accumulateurs doit cependant être équipé d'une ventilation spéciale avec l'équipement de mesure installé dans une pièce adjacente.

Il peut être approprié de réserver tout le premier étage d'une aile du bâtiment pour les essais de matériaux électriques. Cette aile, avec une surface totale au sol d'environ 500 m², doit être située de façon à permettre une communication facile avec les laboratoires de métrologie.

L'essai des lampes peut également être incorporé dans cette aile, voir 3.11.

4.6. Conclusions concernant la planification pour les essais de produits

La planification des laboratoires d'essais de produits doit être effectuée sur la base de schémas et données d'informations en tenant compte des points suivants ⁽⁸⁾.

- a. type de produit à essayer et norme de produit
- b. nombre et dimensions des échantillons à essayer par mois ou par an
- c. méthode d'essais (norme de méthode d'essais).

Dans le but d'éviter des exagérations en ce qui concerne la planification ainsi que des dépenses inutiles, on doit également étudier dans quelle mesure les essais peuvent être effectués directement chez les fabricants sous surveillance de l'organisme officiel. Il y a en effet un grand nombre de produits pour lesquels les essais peuvent plus facilement et plus fréquemment être exécutés en utilisant l'appareillage d'essais du fabricant pourvu que cet appareillage ait été vérifié et agréé en ce qui concerne ses caractéristiques métrologiques et fonctionnelles. ⁽⁹⁾

Au cas où les essais de produits auront essentiellement lieu chez le fabricant, il sera nécessaire d'équiper les services de surveillance avec des étalons de travail transportables et des matériaux de référence appropriés ainsi que de moyens de transport nécessaires.

Ceci conduira probablement à des coûts de fonctionnement relativement élevés, mais le système de certification sera plus efficace et non limité seulement à l'essai initial de quelques échantillons du produit concerné.

⁽⁸⁾ Afin d'effectuer une planification de ce type l'auteur de la brochure a trouvé commode d'établir pour chaque groupe de produits un schéma tel qu'indiqué comme exemple dans la Fig.5 et qui montre clairement la relation entre les exigences sur le produit (norme de produit) et la méthode d'essais (norme de méthode d'essais). Ces schémas montrent directement les méthodes d'essais les plus fréquentes pour lesquelles équipements, locaux et autres arrangements doivent être prévus.

⁽⁹⁾ Un exemple typique est l'essai d'éclatement dû à la pression des tubes plastiques. Ces essais exigent l'emploi d'adaptateurs particuliers pour chaque diamètre. Dans ce cas le manomètre utilisé dans l'installation d'essais du fabricant doit être vérifié par le service officiel à des intervalles réguliers.

ESSAIS DE TUBES, RACCORDS
ET TUYAUX EN PLASTIQUE

Produit	Norme *	Essais													Méthode *					
		Dimensions	Pression continue	Pression d'éclatement	Ecrasement	Qualité d'extrusion	Charge de déflexion	Résistance chimique	Résistance à l'eau	Résistance à l'impact	Température de déflexion	Résistance à l'impact	Résistance à la traction	Etanchéité des joints		Pas de vis	Conditionnement acide	Stabilité dimensionnelle	Noir de carbone	Masse volumique
PVC tubes	D2241	X	X	X	X	X														D2122
raccords	D2464, D2466	X		X																D1598
tubes de drainage et ventilation	D2665	X		X	X	X	X	X	X	X					X	X				D1599
tuyaux flexibles	D2740	X	X	X	X	X														D2152
ABS tubes	D2282	X	X	X		X														D2412
raccords	D2465, D2468, D2469	X		X																D543
tubes de drainage et ventilation	D2661	X		X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				D2444
tubes pour eaux usées	D2750, D2751	X					X	X	X	X				X			X			D648
PE tubes	D2239	X	X	X														X	X	D256
raccords	D2609, D2683	X		X																D638
tuyaux flexibles	D2737	X	X	X																
PB tubes	D2662	X	X	X														X		
tuyaux flexibles	D2666	X	X	X														X		

* Les nombres dans cet exemple sont ceux de normes ASTM Vol.26, édition 1969. Il est conseillé d'utiliser des normes ISO plus récentes.

Fig. 5 - EXEMPLE D'UN SCHEMA POUR LA PLANIFICATION D'ESSAIS DE PRODUITS

5. MOBILIER de LABORATOIRE

La grande quantité de meubles nécessaire pour équiper les laboratoires exige dans la plupart des cas leur fabrication dans le pays. Il n'y a en général pas de difficulté pour cette fabrication excepté parfois pour les dessus de tables de certains laboratoires de chimie utilisant des acides ou solvants puissants. Les manipulations de ces liquides doivent toujours s'effectuer sous des hottes bien ventilées qui peuvent alors être fournies sous forme de "kits" par des fabricants de matériel de laboratoire.

Ces problèmes ne se présentent pas lorsque les activités sont limitées à la métrologie ou à des essais physiques et nous allons ci-dessous donner quelques indications relatives à la conception de ce type de mobilier.

Les laboratoires de masse et des mesures dimensionnelles nécessitent l'utilisation des tables sous forme de bancs en pierre soutenus par des piliers en briques. Des spécifications pour ces bancs ont déjà été fournies aux points 3.1 et 3.5. Pour les machines de mesures dimensionnelles, il est nécessaire de consulter le fabricant pour obtenir des dessins des supports à construire.

Dans la plupart des autres cas on peut adopter un type de mobilier standard. Une grande partie de ce mobilier restera sans doute à demeure à des endroits déterminés, mais il est quand même préférable de concevoir le mobilier de façon à ce qu'il soit facilement transportable selon les besoins et l'arrivée d'équipements dont le lieu d'installation ne peut pas toujours être prévu d'avance. Excepté pour les laboratoires de chimie, la plupart des tables doivent être prévues pour travailler assis. Si l'on veut éviter l'emploi de chaises hautes qui nécessitent un support pour les pieds, les tables doivent avoir une hauteur de 75 ou 76 cm. Certaines tables doivent cependant être fabriquées avec une hauteur de 90 cm pour travailler debout. La conception doit alors être telle que les pieds de ces tables puissent être coupés en cas de besoin pour les réduire à la hauteur prévue pour travailler assis.

Les ensembles des bancs de laboratoire peuvent pour des raisons de flexibilité être composés de tables individuelles qui sont installées côte à côte sans autre forme d'assemblage. L'expérience de tables de ce type comportant une structure en tubes d'acier soudés est extrêmement bonne, voir Fig. 6. Il est cependant important que les tables ne soient pas trop grandes et que leurs dimensions s'adaptent aux modules des laboratoires. La longueur du plateau de chaque table doit de préférence être le double de sa largeur, mais ceci n'est pas une condition absolue et dépend des dimensions des salles et de l'emplacement des fenêtres. En tenant compte des dimensions de beaucoup d'instruments l'expérience montre que la largeur ne doit pas être inférieure à 650 mm et pas supérieure à 750 mm. Les longueurs correspondantes doivent alors être de 1300 mm au minimum et 1500 mm au maximum. On doit apporter un soin particulier en ce qui concerne le choix des plateaux formant le dessus des tables. Ceux-ci doivent être fabriqués en bois latte ou éventuellement en bois aggloméré de haute qualité recouvert de feuilles en matière stratifiée très dure (mélanine) ayant une finition mate. Il est important de recouvrir les plateaux des deux côtés de façon à assurer leur stabilité dimensionnelle. Les bords des plateaux ne doivent pas être fragiles et ne doivent de préférence pas être en mélanine (ou formica). Des bords en métal ne doivent pas non plus être utilisés puisque beaucoup de tables vont supporter des câbles électriques. Ces bords peuvent être constitués par une bande en polyéthylène dur d'épaisseur 2 mm, ou si cette matière n'est pas disponible, par des

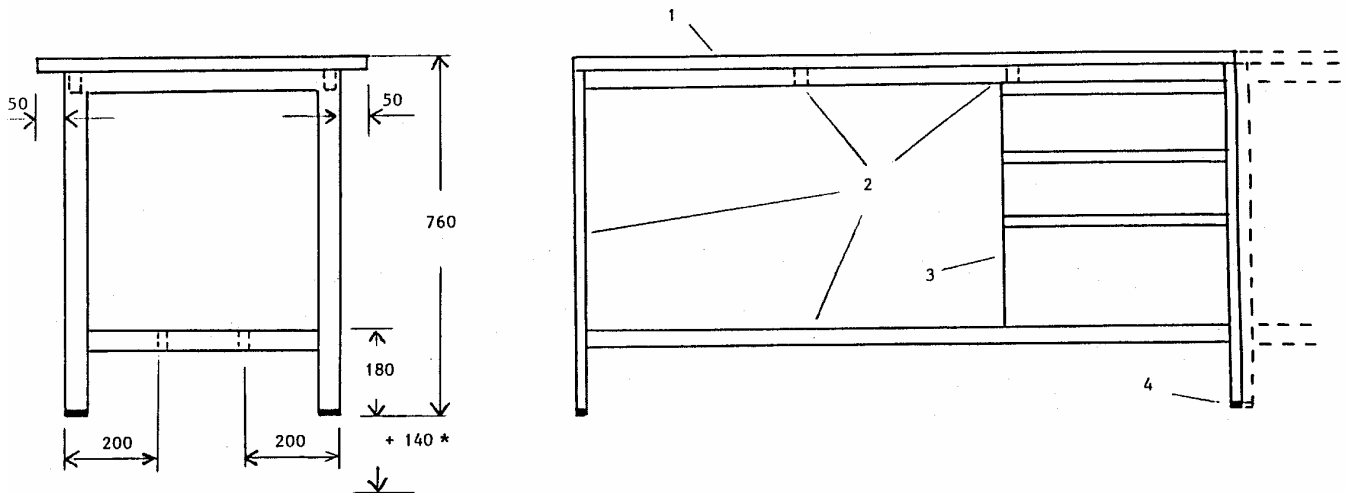


Fig. 6 - TABLE DE LABORATOIRE

- 1 - Dessus de table (p.ex. 1350 x 675 mm) en bois latté de 20 mm (ou aggloméré de 25 mm) recouvert sur les deux côtés de mélanine stratifiée de couleur gris-vert sans texture. Les bords recouverts d'un matériau isolant très résistant ou en bois dur (teck) sans saillies de façon à permettre la juxtaposition de tables sans espace.
- 2 - Structure soudée composée de tubes en acier de section rectangulaire de 20 x 40 mm, peinte en noir ou en utilisant une peinture à l'aluminium (de façon à facilement permettre des retouches).
- 3 - Bloc à tiroirs fabriqué en tôle d'acier (pour utilisation dans certaines tables seulement), fixation à la table par en-dessous du bloc à l'aide de quatre vis. Peinture au pistolet en gris-vert clair. Largeur des tiroirs 450 mm. Deux tiroirs de hauteur 125 mm. Un tiroir de 250 mm.
- 4 - Pieds en caoutchouc dur.

* Hauteur supplémentaire pour tables destinées au travail debout avec hauteur totale de 900 mm.

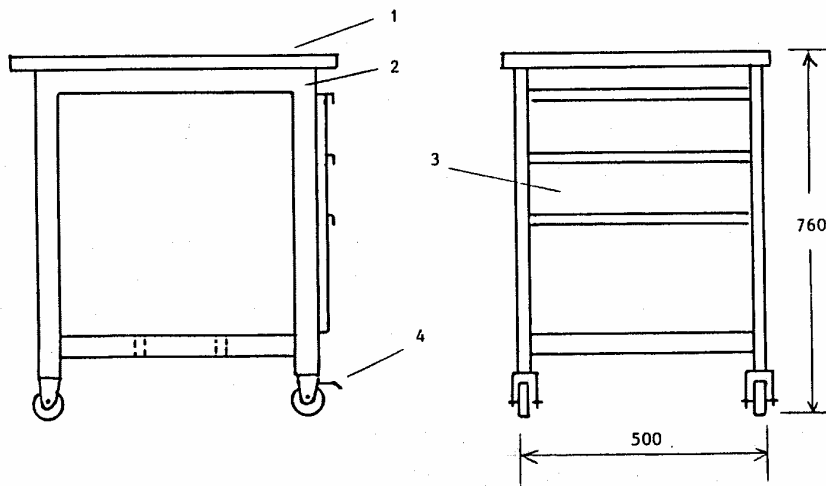


Fig. 7 - TABLE SUR ROULETTES

- 1 - Dessus de table avec les mêmes spécifications que pour la Fig. 6 mais avec la longueur réduite à 550 mm de façon à dépasser légèrement la distance extérieure des roulettes.
- 2 - Structure soudée en tubes acier de 20 x 40 mm. La hauteur totale doit incorporer les roulettes.
- 3 - Bloc à tiroirs identique à celui de la Fig. 6 (pour certaines tables seulement et servant surtout au rangement des accessoires des instruments).
- 4 - Roulettes recouvertes de caoutchouc, diamètre 50 mm au minimum et 60 mm au maximum avec fixations permettant la rotation autour des axes de fixation. Deux des roulettes doivent être équipées de pédales d'immobilisation.

baguettes en bois très dur de 8 à 10 mm d'épaisseur. Des blocs comportant un jeu de tiroirs doivent pouvoir être montés dans une grande quantité de ces tables. Des blocs à rangement comportant des portes ne sont cependant pas d'une grande utilité car leur emplacement dans les tables n'est pas commode pour l'accès aux instruments ou à leurs accessoires.

Pour le rangement d'instruments mécaniques ou électriques, il est préférable de choisir des armoires métalliques à double porte (sans vitres) similaires à celles couramment utilisées dans les bureaux mais légèrement plus profondes. Les étagères et leur fixation doivent être du type renforcé. Ces armoires doivent avoir une profondeur de 50 cm, largeur de 100 cm et une hauteur de 185 à 200 cm.

Les rangements sous forme d'un ensemble ouvert à étagères (Fig. 8) sont également utiles pour les instruments mécaniques et électriques et en particulier pour stocker des instruments en attente d'essais.

Des tables roulantes sont également très utiles, en particulier dans les laboratoires électriques mais aussi dans les laboratoires mécaniques pour transporter par exemple des boîtes de poids ou des objets à tester. La Fig. 7 montre un modèle de ces tables roulantes qui s'adaptent aux tables de laboratoire de la Fig. 6.

BIBLIOGRAPHIE SUR LA CONSTRUCTION DES LABORATOIRES DE METROLOGIE

en français

U. Zelbstein, M. Behar, J.C. Perrin, R. Lemonde -

Introduction aux techniques de conditionnement des laboratoires

Monographie BNM N° 7, France, 69 pages (1980) publié par Editions Chiron, Paris

M. Priel, B. Schatz -

Mesures dimensionnelles

Organisation d'un laboratoire d'étalonnage

Techniques de l'Ingénieur, 8 place de l'Odéon, 75006 Paris

précis Mesures et Contrôle

R 4 - Mesures, grandeurs géométriques, mécaniques

pages R 1215-1 à R 1215-20

et R 1216-1 à R 1216-8 (1985)

J.C. Perrin -

Constitution type d'un laboratoire de référence en métrologie électrique

Techniques de l'Ingénieur, 8 place de l'Odéon, 75006 Paris

précis Mesures et Contrôle

R 3 - Mesures, électricité et électronique

pages R 925-1 à R 925-12 (1979)

en anglais

T.R.J. Oakley, T. Fletcher -

Recommendations for the design and equipping of engineering metrology laboratories

NPL Report MOM 22 (March 1972)

publié par National Physical Laboratory, Teddington, U.K.

P.B. Coates -

The design of a standards laboratory for thermometry

NPL Report QU 64 (May 1982)

publié par National Physical Laboratory, Teddington, U.K.

NCSL Information Manual -

Recommended Practice on Laboratory Design

R.P. No 7 - 10 juillet 1986

publié par

thé National Conférence of Standards Laboratories

c/o National Bureau of Standards, room 5001

Radio Building, MC 104, Boulder, Colorado 80303, USA

Cette publication contient un grand nombre de renseignements sur des facteurs dont on doit tenir compte lors de la conception des laboratoires de métrologie et elle est complétée par des descriptions de quelques laboratoires de construction récente. Elle contient également de nombreuses références bibliographiques

A.J. Scarr -

The establishment of metrology facilities in developing countries

Article (pages 251-263) dans le livre IMEKO-Maintenance and Calibration of Instruments in Industry édité par Institute for Developing Countries, Zagreb 1983

Instrument Society of America -

Recommended Environments for Standards Laboratories ISA RP 52.1, 1975

ISO Development Manual on the Establishment of a Testing Laboratory (to be published)

en allemand

Messräume, GMR-Bericht 10. Séminaire tenu à Stuttgart 22 Avril 1986

publié par VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Regelungstechnik, Postfach 1139,

D-4000 Düsselndorf 1, Fed. Rep. of Germany

Normes nationales

République Démocratique Allemande : TGL 31 535 DDR-Standard, Prüfräume für
Messmittel, ASMW 1984

Cuba : INC-4, 1982 - Laboratories de Verificación, criterios fundamentales para su creación

Italie : UNIPREA E 14.33.907 Norma Quadro per le Procedure di Taratura Dimensionali I,
1985

Etats-Unis : ANSI B 89.6.2, 1973 American National Standard - Temperature and Humidity
Environment for Dimensional Measuring

Royaume-Uni : BS 4194, 1967 British Standard - Recommendations on the Design
Requirements and Testing of Controlled - Atmosphere Laboratories

Publications dans le Bulletin de l'OIML

Un certain nombre de laboratoires de métrologie légale ont été décrits avec plus ou moins de détails dans des articles du Bulletin de l'OIML, en particulier :

Finlande dans le N° 105 déc. 1986 Espagne dans le N° 109 déc. 1987 Royaume-Uni dans
les Nos 24 juin 1966 et 103 juin 1986

D'autres articles sont prévus pour publication en 1989 et 1990.