



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50<sup>th</sup> anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

## FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

## CONTACT

Please contact [publications@unido.org](mailto:publications@unido.org) for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at [www.unido.org](http://www.unido.org)

06689-F

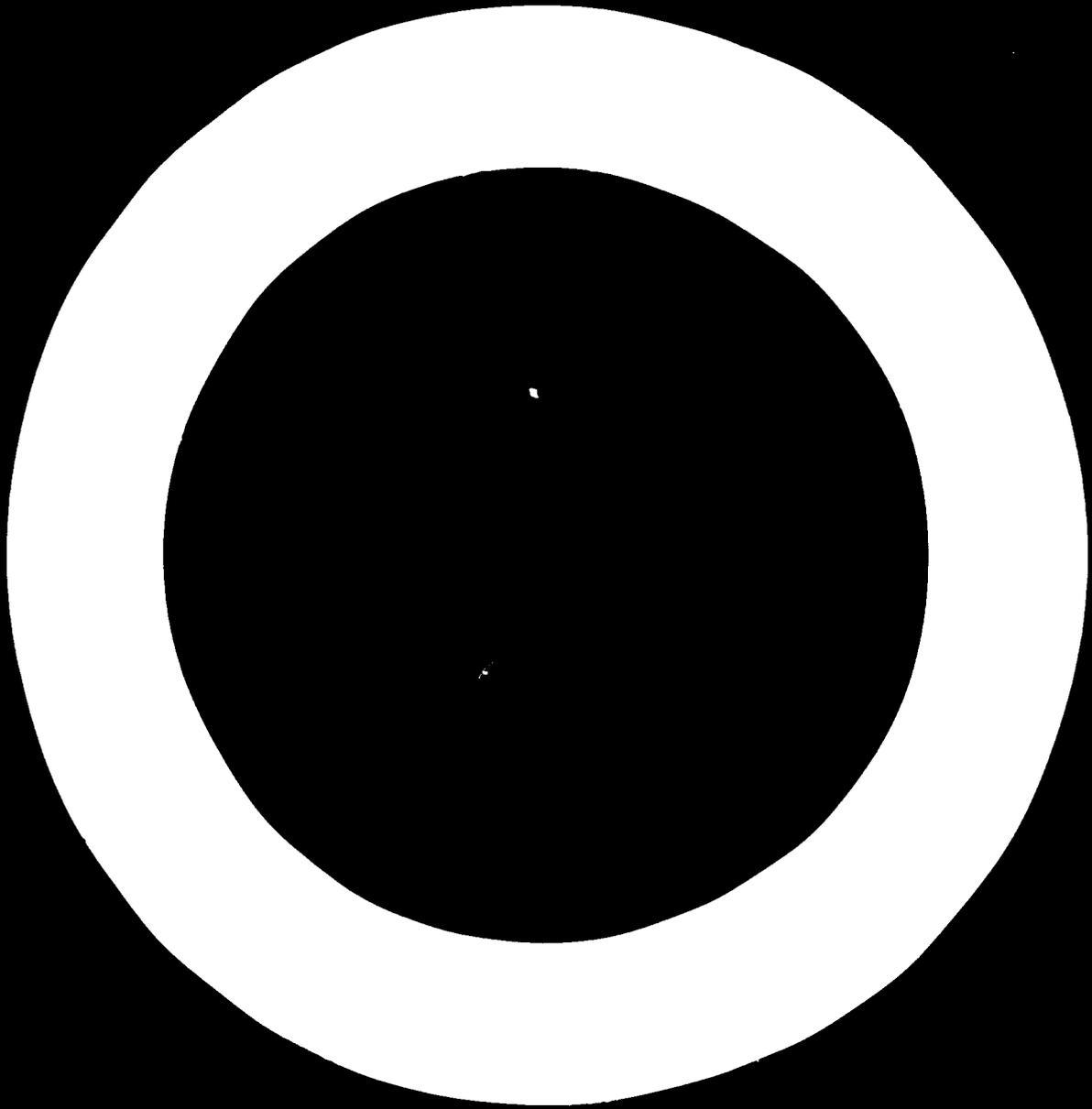
**Bulletin  
de la recherche  
et du  
développement  
industriels**

VOL. VII N° 3

**BRDI**



**NATIONS UNIES**



*Les opinions exprimées dans les articles de ce numéro du Bulletin de la recherche et du développement industriels sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement les vues du Secrétariat de l'Organisation des Nations Unies. La reproduction, en tout ou en partie, des textes publiés dans ce bulletin est autorisée. L'Organisation souhaiterait qu'en pareil cas il soit fait mention de la source et que lui soit communiqué un exemplaire de l'ouvrage ou sera reproduit, extrait, cité.*

*Les applications employées dans cette publication ainsi que la présentation des données n'impliquent de la part du Secrétariat de l'Organisation des Nations Unies aucune prise de position quant au statut juridique de tel ou tel pays ou territoire ou de ses autorités ni quant au tracé de ses frontières.*

ID SER B.21

PUBLICATION DES NATIONS UNIES  
Prix : 3 dollars des Etats-Unis  
(ou l'équivalent en monnaie du pays)

# Bulletin de la recherche et du développement industriels

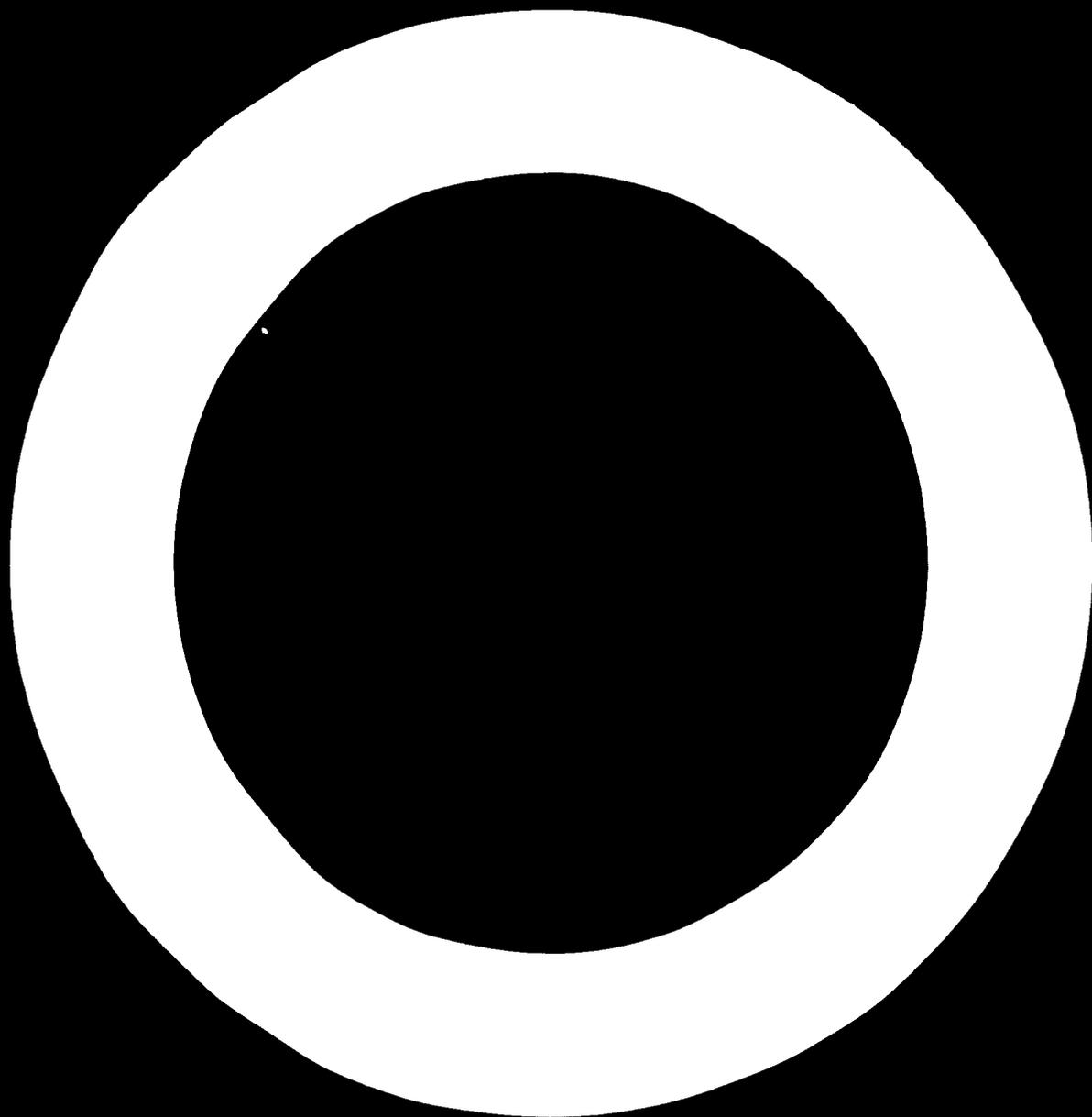
Vol. VII N° 3

## SOMMAIRE

- 2 Planification et aménagement d'un centre de recherche industrielle  
par Paul Silver
- 9 Choix de l'emplacement des centres de recherche  
par E. Nekarda
- 11 Equipement des laboratoires dans les pays en développement  
par Helmut Maier
- 14 Meubles et équipement de laboratoire  
par F. Geve
- 24 Architecture et construction - quelques considérations techniques  
Exemple n° 1 : le siège du Conseil de la recherche de Colombie britannique  
par J. F. Breeze
- 32 Exemple n° 2 : le Centre national brésilien de métrologie  
par Fabio Becker et Luiz Eduardo Endio da Costa



**NATIONS UNIES**  
New York, 1976



## Avant-propos

Les centres de recherche et de développement industriels assurent divers services aux gouvernements, aux entreprises locales et étrangères et aux autres organismes s'occupant de l'industrialisation. Ils fournissent notamment les services suivants : travaux de recherche appliquée, essais et analyses de matériaux premières et de sous-produits industriels pour en déterminer les possibilités, l'emploi dans l'industrie, essais et analyses de produits industriels à des fins de contrôle de la qualité et de délivrance de labels de garantie, études de faisabilité technique et économique en vue de la création de nouvelles entreprises industrielles ou de l'expansion d'entreprises existantes, aide à l'industrie en matière de dépouillage, de normalisation, de contrôle de la qualité, choix de procédés industriels, des matériels et des techniques appropriées, études de marché, comptabilité des prix de revient, implantation des installations, amélioration des produits et de la productivité, diversification de la production, conseils aux gouvernements en ce qui concerne les questions de caractère technique et assistance en matière de programmes nationaux de normalisation et de contrôle de la qualité. Ces centres disposent d'un personnel "polytechnique", dont la tâche principale est d'accélérer la croissance industrielle.

Les gouvernements de plusieurs pays en voie de développement ont reconnu qu'il était indispensable de créer des centres de ce type auxquels ils accordent une grande importance. A quelques rares exceptions près, les centres sont financés par le gouvernement, qui est aussi

en général leur principal client. Dans le présent numéro en vue de développement économique, de nombreux emplois par les centres de recherche industrielle. On trouvera dans le service de développement de pays et de centre considéré.

Aux premiers stades de l'investissement d'un centre, la majeure partie des fonds alloués au projet servent à construire bâtiments et installations. Cependant, dans bien des cas, les pays en voie de développement ne disposent pas des services d'experts locaux et au plus les bâtiments et des installations sont établis sans avoir vraiment compte de leur destination, ce qui constitue un fait qui, dans les pays en développement, est susceptible de permettre d'implanter des unités de production économique et qui, en les aidant à construire des bâtiments et des installations, qui peuvent être facilement transformés pour tenir compte de l'évolution continue des techniques et des besoins de la science et de l'industrie.

Afin d'étudier ces problèmes, l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel (ONUDI) a organisé, en coopération avec le Kongresshaus Innsbruck (Autriche), une réunion d'experts consacrée à la conception et à l'implantation des bâtiments et des installations destinés à des centres de recherche et de développement industriels, qui s'est tenue à Innsbruck du 23 au 27 septembre 1974. On trouvera dans le présent numéro du *BKDI* les textes abrégés de six communications d'experts établies pour la réunion.

# PLANIFICATION ET AMENAGEMENT D'UN

## Introduction

**L'**UNE des tâches les plus difficiles que l'on puisse confier de nos jours à un architecte est d'établir les plans d'un centre de recherche industrielle, organisme complexe qui doit remplir d'innombrables fonctions et s'adapter aux mutations imprévisibles qui jalonnent l'évolution des sciences. Cette institution doit non seulement être en mesure de mobiliser les compétences et les services indispensables à son fonctionnement, mais aussi de répondre aux besoins changeants de ses clients. C'est pourquoi il est préférable que l'architecte charge d'établir les plans d'un tel centre se familiarise avec l'ensemble des activités interdépendantes qui s'y déroulent au lieu d'étudier le fonctionnement d'un laboratoire particulier. On étudiera donc, dans le présent article, les méthodes permettant de faire de ces centres des installations opérationnelles capables de satisfaire les besoins de recherche très variés des différentes sciences.

## Emplacement

Le choix de l'emplacement est l'une des décisions les plus importantes en matière de planification car celui-ci peut jouer un rôle décisif dans le succès du centre. Le centre devra être implanté de façon à attirer le personnel le plus qualifié, la compétence du personnel est en effet un facteur déterminant du succès.

Le choix du lieu d'implantation est souvent déterminé par le rôle que l'on veut faire jouer au centre. Par exemple, un centre pour l'étude de la faune et de la flore des océans devra naturellement être construit au bord de la mer ou à proximité. Mais si le programme de recherche a un caractère général, le choix de l'emplacement devient plus ardu. Le lieu d'implantation d'un centre à vocation générale est souvent choisi davantage en fonction de la proximité des services et du personnel qualifié nécessaires, c'est-à-dire dans une région où existent déjà d'autres centres industriels ou d'autres centres de recherche, qu'en fonction de la proximité de l'objet des recherches. Le voisinage d'autres organismes permet d'obtenir des services d'appui et rend

possible une concurrence et des échanges stimulants entre les chercheurs. La proximité des clients eux-mêmes figure parmi les critères les moins importants car la recherche n'exige pas de relations permanentes ou étroites entre clients et chercheurs.

L'environnement joue aussi un rôle important dans le choix de l'emplacement. Il ne doit pas distraire le scientifique de sa tâche ni entraver sa créativité. Des moyens de transport et des conditions de logement inadéquats, le manque d'activités culturelles et de zones de repos et d'agrément peuvent être pour beaucoup dans le refus du personnel compétent de s'installer dans des régions en voie de développement. Les spécialistes sont attirés par les centres où ils peuvent trouver une atmosphère propice à la création des installations modernes et une administration éclairée.

L'alimentation en eau, gaz, électricité, etc., est un des critères les plus importants. La plupart des services nécessaires au fonctionnement des laboratoires posent des problèmes d'échelle. Par exemple, la demande d'électricité peut soulever des problèmes d'alimentation comparables à ceux d'une petite ville. Par contre, la demande de gaz est en général faible. L'approvisionnement en eau doit être assez abondant, même si la qualité est médiocre, on peut d'ailleurs la traiter si l'on dispose de quantités suffisantes d'énergie.

La lutte contre la pollution de l'air est une considération importante dans l'implantation d'un centre. Les polluants qui s'échappent des installations sont parfois rabattus par le vent sur le centre ou sur les bâtiments ou les terrains voisins. Lorsqu'on étudie un emplacement possible, il est donc très recommandé de procéder à un essai en soufflerie aérodynamique sur maquette pour analyser l'effet des courants d'air ou des inversions thermiques qui se produisent dans le secteur considéré. Le traitement des effluents liquides ne pose pas de problèmes aussi délicats que celui des polluants libérés à l'occasion d'expériences chimiques ou physiques.

## Le parti constructif

### Aspects sociaux

Le centre devra offrir au personnel des possibilités variées de contacts à différents niveaux. Dans le domaine scientifique, tout repose en définitive sur les individus dont les capacités et la volonté de coopérer sont la clé

*L'auteur est un des associés de la firme Krusen and Partners à New York et directeur de ses services de recherche et de développement. Le présent article a été publié initialement en tant que Document de l'ONU Di sous la cote ID/WG. 181/9.*

# CENTRE DE RECHERCHE INDUSTRIELLE

par Paul Silver

du succès. Tout devra être fait pour aménager des locaux confortables où pussent se tenir des réunions privées et s'établir les contacts sociaux entre chercheurs. Ces locaux devront être équipés de tableaux noirs et il devra être possible d'y prendre des repas légers. Ils devront être confortables et mener à la détente et à la récréation.

## Coûts

Il est difficile de déterminer, en termes de coûts, les avantages comparés d'un type déterminé de centre suivant le lieu d'implantation choisi. La disponibilité des matériaux, l'économie et les techniques locales constituent à cet égard des facteurs importants. En général, il importe de tenir compte non seulement du coût de construction du centre mais aussi de la totalité des dépenses de fonctionnement prévues, en effet, les frais de premier établissement ne sont pas le seul facteur, mais le plus important. Si l'on prévoit de fréquentes modifications, il importe qu'elles puissent être apportées à un coût raisonnable.

## Climat

Les conditions climatiques ne jouent pas un rôle déterminant dans la conception d'un centre de recherche à vocation générale, si ce n'est qu'elles en déterminent l'aspect extérieur. Le climat peut entraîner des dépenses supplémentaires telles que les frais de climatisation dans les pays chauds et de chauffage dans les pays froids. La régulation de l'éclairage naturel, de la température et de l'humidité est une nécessité dans tous les climats. Les laboratoires doivent être conçus comme une zone soustraite, pour l'essentiel, à l'influence de climat et isolée du monde extérieur, où il est possible de maintenir des conditions climatiques stables.

## Construction modulaire

Un centre de recherche scientifique à vocation générale peut se voir confier une variété de tâches et doit pouvoir être adapté en conséquence (fig. 1). On ne prévoit qu'un minimum de modifications pour les centres où la fréquence des transformations envisagées est la plus faible. L'idéal serait de construire des laboratoires de recherche modulés, c'est-à-dire faits d'éléments susceptibles de composer, selon les besoins, des espaces de différentes dimensions.

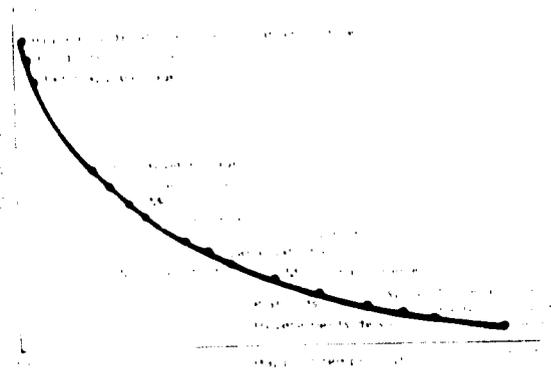


Figure 1. Cette courbe fait apparaître la relation entre le coût et l'adaptabilité. Les éléments figurant au sommet de la courbe peuvent être facilement adaptés à un coût relativement faible.

Un laboratoire bien conçu est créé à partir d'un module de base. Le choix des dimensions et de la forme de ce module est probablement la décision la plus difficile quant à prendre l'auteur des plans. Le module doit être suffisamment souple pour que le laboratoire puisse satisfaire aux multiples exigences fonctionnelles et dimensionnelles prévues. Il ne doit être ni trop petit, car il serait alors nécessaire de lui adjoindre d'autres modules pour qu'il puisse servir, ni trop grand, car on ne pourrait plus le diviser. Le cas échéant, en éléments plus petits. Les configurations complexes qui obligent à dresser des plans compliqués et difficiles à modifier sont à déconseiller, en revanche, un plan rectangulaire simple permet de rassembler facilement plusieurs modules.

Cette formule a été adoptée pour la construction du Centre de physique et de mathématiques supérieures de Stony Brook, New York (fig. II). Le centre est conçu de telle manière que la surface de n'importe quel laboratoire peut être augmentée ou diminuée sans qu'on ait à en modifier les éléments de base. Il est possible de regrouper jusqu'à cinq laboratoires pour former une aire utilisable d'un seul tenant (fig. III).

La distance entre le bureau du chercheur et son laboratoire est une donnée importante du problème. La proximité est essentielle, il est souvent souhaitable de pouvoir utiliser une partie du bureau en tant que laboratoire. Cela signifie que laboratoire et bureau doivent être adjacents et doivent pouvoir utiliser les mêmes services. Le scientifique ou le chercheur doit être



Figure II. Laboratoire de physique et de mathématiques supérieures à Stony Brook, New York

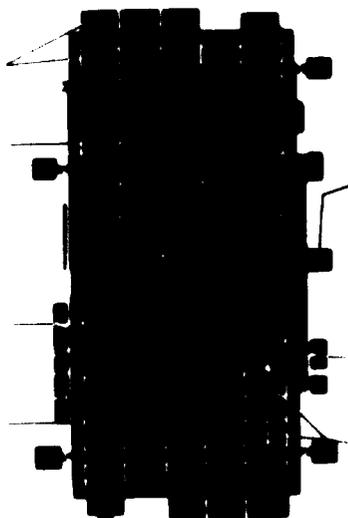


Figure III. Plan d'un étage du Centre de Stony Brook. Aménagement et services

en mesure de se rendre du bureau au laboratoire, et inversement, sans emprunter les couloirs. Un bureau de type classique convient mieux aux théoriciens qui n'ont pas besoin d'appareils de laboratoire. Il sera souvent préférable de regrouper les bureaux de ce personnel à proximité des laboratoires, mais pas nécessairement à l'intérieur de l'espace réservé à ces derniers.

Pour les fournitures de services, il est souhaitable de prévoir dès le départ un "module de transport" de dimensions minimales. A Stony Brook, on a calculé les dimensions du centre de façon à faciliter le transport du "module" — un récipient cubique de 2,4 mètres de côté pesant 5 tonnes — vers n'importe quel laboratoire situé dans le bâtiment. La largeur, la hauteur et le tracé des couloirs, les dimensions de l'entrée du laboratoire et l'emplacement du monte-charge ont été calculés en fonction de la taille et des caractéristiques du "module".

### Techniques et matériaux de construction

Le choix de la technique à utiliser pour construire un laboratoire de recherche générale dépend moins du type d'expériences envisagées que des systèmes de construction disponibles. Toutefois, les laboratoires équipés de matériel électronique sensible devront être construits en matériaux ne présentant pas du point de vue électrique les mêmes inconvénients que les constructions en acier. La tendance est, aujourd'hui, à la création de centres pluridisciplinaires; on veillera à ce que les matériaux choisis ne gênent pas le fonctionnement des appareils sensibles utilisés dans de nombreux domaines scientifiques. Lors du choix des matériaux, on tiendra compte de la nécessité de lutter contre les vibrations, le bruit, l'incendie, la fumée et les émanations chimiques dangereuses. Les matériaux peu solides, recouverts d'enduits fragiles, ne conviennent pas aux centres de recherche. Les matériaux qui peuvent être réparés, remplacés, ou déplacés sans gêner sensiblement le fonctionnement du centre sont de loin préférables.

Les installations de Stony Brook offrent un exemple des techniques de construction les plus appropriées pour un centre de recherche (fig. IV). Les parois intérieures en tôle métallique pouvant être démontées et installées ailleurs, il est possible de modifier la forme et les dimensions d'un laboratoire de façon simple et rapide, sans faire beaucoup de bruit ni de gravats. Les sections de couloir, isolées par des pare-feu sont en béton massif. A l'intérieur du laboratoire, les revêtements de sol, les parois et les plafonds sont en matériaux naturels peu décorés, la finition de détail étant laissée aux soins de l'utilisateur scientifique. Ce sont en général les aspects techniques de la construction d'un laboratoire qui permettent de se faire une idée de son adaptabilité. Le laboratoire doit être conçu au premier chef comme une série d'éléments, modules de construction ou modules de mobilier, susceptibles d'être adaptés dans des délais raisonnables avec un minimum de bruit, de pertes et de dépenses.



Figure IV Laboratoire spécialisé à Stony Brook

Le choix des matériaux de construction dépend plus de la nature des activités qui se dérouleront dans le laboratoire que de l'existence de ces matériaux dans la région. Dans les laboratoires où l'on manipule des produits chimiques, les surfaces de travail doivent pouvoir résister à ces substances. Pour choisir le mode et les matériaux de construction, il faut étudier avec soin les facteurs suivants : conductivité des charges électrostatiques, résistance aux dommages provoqués par les carburants, résistance à la rupture, charge admissible, possibilités de modification et d'adaptation. Il s'agit là d'un problème ardu qui ne se laisse pas réduire à quelques variables simples.

La conception du bâtiment (et, par conséquent, du mobilier) est étroitement liée aux utilisations prévues du centre de recherche. Si l'on s'aperçoit que certains laboratoires posent des problèmes difficiles, il est préférable de les séparer du bâtiment principal. Un laboratoire peut être installé dans des types de bâtiments assez variés. Parfois, il est préférable d'avoir des bâtiments à travées longues, parfois des travées courtes suffisent. Pour certains laboratoires, on prévoit d'aménager dans le gros œuvre des espaces creux; dans d'autres cas, on n'a pas besoin de la souplesse inhérente à cette formule. S'agissant du type et des caractéristiques des bâtiments, c'est en fin de compte le degré d'adaptabilité des systèmes et des sous-systèmes qui constitue le critère décisif.

Le choix du bâtiment dépend dans une grande mesure des ressources disponibles. Dans le cas des bâtiments à ossature en acier, il faudra parfois accorder une attention spéciale aux questions concernant la protection contre l'incendie, la conductivité des matériaux et les inconvénients que de grandes quantités d'acier peuvent présenter pour la réception de certaines fréquences radio et l'emploi de matériel non blindé. Le béton est naturellement plus pondéreux, mais les charpentes en béton sont en général plus rigides et transmettent moins les vibrations que les charpentes en acier.

Les revêtements extérieurs et intérieurs du bâtiment doivent être composés de matériaux capables de résister à l'action des agents chimiques et des produits corrosifs contenus dans les fumées et les déchets des laboratoires.

La configuration des murs extérieurs est une affaire de goût, mais les parois intérieures, qui subdivisent les laboratoires en éléments modulaires, doivent être très mobiles. On doit pouvoir les déplacer et les réinstaller très rapidement, en ne faisant qu'un minimum de bruit et sans gêner le fonctionnement du laboratoire. Cette souplesse n'est pas nécessaire dans le cas des parois qui encadrent ces éléments.

## L'aménagement des laboratoires

### Securité

Lors de l'établissement des plans d'un laboratoire, on doit veiller à assurer la protection contre le feu et les fumées dangereuses qui se dégagent au cours des expériences. Pour assurer la sécurité, on doit aussi tenir compte de l'écoulement du trafic, de la disposition des sorties et des proportions du laboratoire. C'est naturellement dans le laboratoire lui-même où les risques sont les plus grands, que l'on doit prendre le maximum de mesures de sécurité. Il va de soi que les travaux de recherche qui comportent l'emploi d'explosifs, de rayonnements ou de substances dangereuses doivent se dérouler dans des installations séparées, construites spécialement à cet effet. Cet isolement est non seulement souhaitable mais nécessaire à la sécurité d'un centre de recherche.

Il convient d'étudier sérieusement la question du nombre et de l'emplacement des extincteurs et des colonnes montantes, ainsi que celle des dispositifs de pulvérisation d'eau et de neige carbonique. Il est pratiquement impossible de concevoir un laboratoire qui serait protégé contre tous les types de risques. L'objectif doit être de fixer un niveau de sécurité optimal pour les

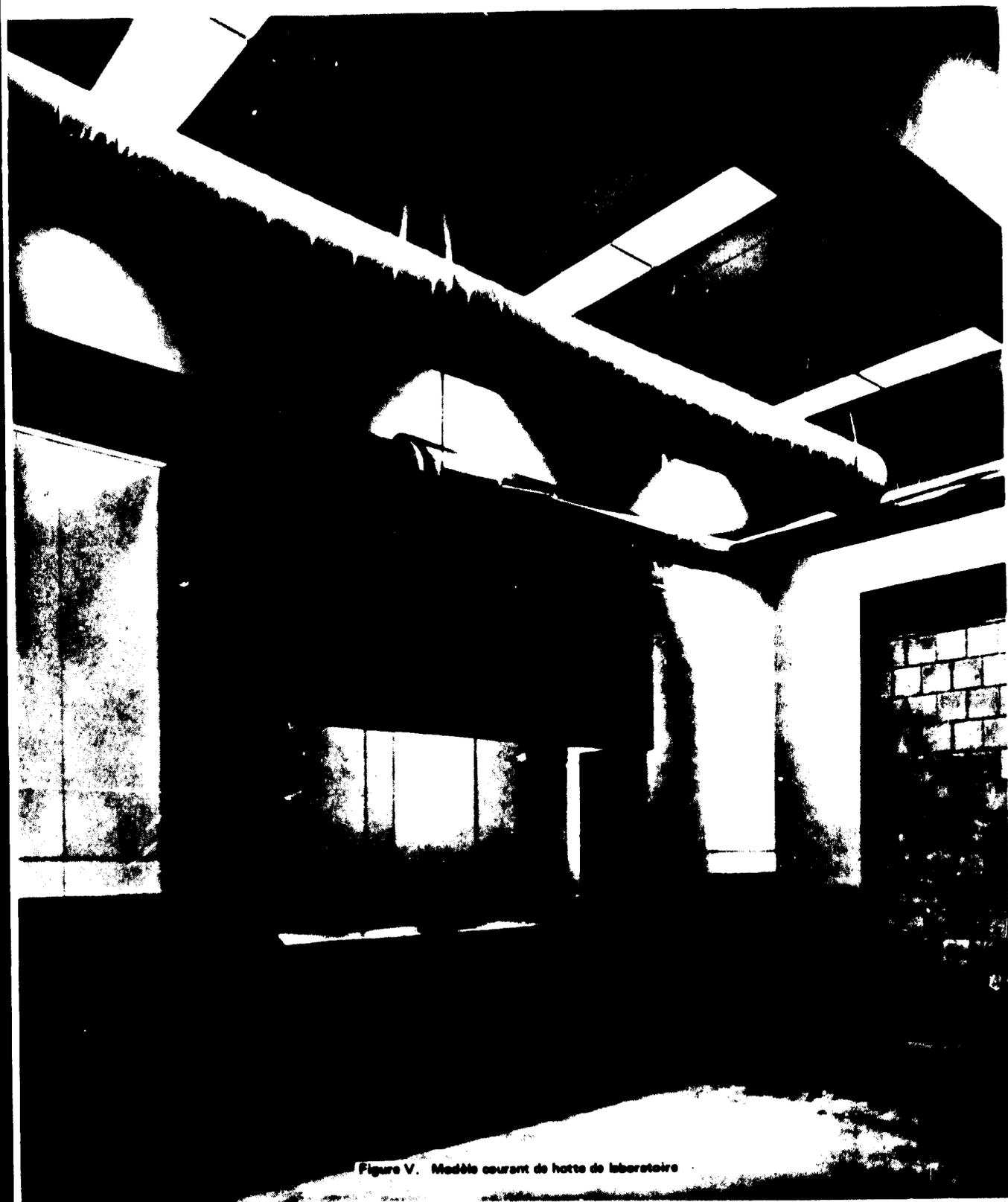


Figure V. Modèle courant de hotte de laboratoire

travaux les plus courants et de prendre des mesures supplémentaires pour les zones à risque élevé.

Les polluants produits à l'intérieur du laboratoire doivent être éliminés de façon sûre, rapide et efficace. En particulier les substances toxiques ou nuisibles doivent être éliminées rapidement par un système de canalisations, de façon à éviter qu'elles ne se mélangent avec les polluants d'autres laboratoires. Un petit nombre de laboratoires peuvent être regroupés et leurs effluents dangereux évacués par un système de canalisations unique; ces laboratoires doivent toutefois être contigus et on doit s'assurer qu'il est possible d'arrêter à temps toute expérience qui présenterait des risques d'explosion ou d'incendie.

Si un centre est construit suivant le principe modulaire, on devra réserver les modules les plus petits aux activités qui présentent des risques d'incendie. Dans tous les cas, les centres devront avoir au moins deux sorties indépendantes. Elles devront être disposées de façon que l'agrandissement éventuel du laboratoire ne puisse pas en gêner l'accès. Le bâtiment doit être conçu en fonction des exigences de la sécurité. Il est très important de limiter l'accès aux laboratoires, étant donné que le matériel utilisé est très coûteux et très sensible.

#### *Climatisation et ventilation*

Le choix du système de climatisation d'un laboratoire est en général dicté par les techniques, les préférences et les traditions locales et non par les nécessités de chaque cas. En principe, il n'est pas nécessaire de doter chaque laboratoire d'un système séparé, sauf dans les cas où les expériences effectuées sont tellement sensibles qu'un arrêt, même court, de la climatisation risque d'en altérer la précision. Il faudra bien entendu veiller à protéger plus particulièrement les ordinateurs et autres matériels qui dégagent de la chaleur. On peut y parvenir en complétant le dispositif normal de sécurité par une installation supplémentaire.

La ventilation naturelle, qui permet de faire circuler de grandes quantités d'air sans refroidissement ni chauffage généralement pas pour les laboratoires.

La hotte utilisée pour évacuer les vapeurs (fig. 4) occupe une place centrale dans la plupart des laboratoires de chimie et autres. Les tuyaux d'évacuation correspondants doivent être regroupés pour éviter qu'ils ne se forment des mélanges de substances explosifs. Le choix des matériaux et la construction de la hotte et du dispositif d'évacuation des vapeurs sont très importants. Dans un laboratoire aménagé avec toute la souplesse voulue, la hotte devrait être une installation amovible.

#### *Emmagasinage*

Il importe de mettre en place, dans l'enceinte des laboratoires, des installations d'emmagasinage secondaires, complétant les magasins principaux où l'on entrepose le matériel en attendant de le distribuer. Les marchandises qui entrent dans le centre et qui en sortent doivent être protégées contre les menus vols et les pertes.

À l'intérieur du laboratoire, il est recommandé d'éviter le stockage de tout matériel inutile. Le nombre minimum de matières dangereuses doit être maintenu et il est conseillé d'acquiescer à l'usage qui demeure en matière de stockage, à savoir ranger un matériel dangereux dans des contenants existants, ce qui peut être réalisé avec un matériel.

#### *Éclairage*

Un éclairage approprié est nécessaire pour les relations interpersonnelles et pour la sécurité. Il doit être aussi performant, économique et sûr que d'habitude. L'éclairage doit être conçu en fonction du nombre de chambres qu'il doit servir. Il est préférable que les zones de travail soient éclairées par des lampes individuelles, plutôt que par un éclairage général. Les lampes doivent être placées à l'extérieur du laboratoire, de façon à éviter les incendies et les explosions. Elles doivent également être protégées.

#### *Réception et contrôle de l'air*

L'entrée d'air dans un laboratoire doit permettre de contrôler la température et l'humidité.

Le ventral téléphonique peut être installé dans le bâtiment à condition qu'il ne soit pas une gêne technique. Dans la plupart des cas, les communications téléphoniques sont installées dans des locaux séparés, mais sont reliées à un petit nombre de laboratoires.

#### *Armoires*

Des armoires sont nécessaires pour les appareils utilisés dans les expériences. Elles peuvent servir d'archives de données, de bureaux de travail du bois, d'essais électrolytiques, de stockage de matériel. Ils fournissent des services indispensables au travail de laboratoire. Certains ont des exigences particulières, telles que des armoires de verre ou d'acier, des armoires à éclairage naturel.

#### *Escaliers et ascenseurs*

Il convient d'anticiper, en ce qui concerne les ascenseurs. Les bâtiments élevés et à faible surface au sol sont tributaires de transports verticaux. La construction n'est donc pas du tout recommandable pour les usages de laboratoire. L'exiguïté des surfaces de plancher diminue l'intérêt du système modulaire, contraignant les groupes de recherche à s'installer dans des étages différents. On peut réduire au minimum ces déplacements à l'intérieur du bâtiment en prévoyant des surfaces de plancher suffisamment étendues. Les escaliers doivent avant tout être conçus comme des sorties de secours en cas d'incendie. L'utilisation des escaliers pour la circulation à l'intérieur du bâtiment exige des solutions très ingénieuses.

Le calcul du nombre d'ascenseurs nécessaires dans un bâtiment cleve pose également un problème difficile. On doit supposer que les arrivées du personnel s'échelonnent sur une période relativement courte le matin et que la fréquence des entrées et des sorties ne variera guère pendant la journée. Les ascenseurs ne doivent pas servir à la fois au transport des personnes et à celui du matériel. Les monte charge doivent bien entendu être conçus de façon à pouvoir recevoir le module de transport du type prévu.

#### *Eau, gaz, électricité et téléphone*

L'eau d'alimentation, chaude ou froide, doit être pure et relativement neutre. L'adduction d'eau distillée sur la table de laboratoire n'est indispensable que lorsqu'on s'en sert constamment et en grande quantité.

Le service le plus important est l'alimentation en électricité. On doit pouvoir disposer d'une gamme de tensions suffisante et les intensités doivent être choisies de façon à ce que la puissance totale soit d'environ 42 watts par mètre carré de surface de laboratoire. Il faut prévoir des possibilités d'alimentation supplémentaires de façon à pouvoir accroître sensiblement, si besoin est, la puissance disponible dans tel ou tel laboratoire.

Un système centralisé d'alimentation en gaz n'est plus indispensable, la tendance étant à remplacer les dispositifs utilisant le gaz par des dispositifs électriques. Une alimentation par bouteilles fait tout aussi bien l'affaire qu'une alimentation centrale.

Les laboratoires doivent être reliés par téléphonique tant entre eux qu'avec les autres services et l'extérieur. Un interphone peut rendre de signalés services s'il est correctement conçu et raccordé au réseau téléphonique.

#### **Mobilier et fournitures**

Pour résister à l'usage intensif qui en est fait, le mobilier de laboratoire doit être très solide. Il doit aussi pouvoir être transformé facilement (fig. VI).

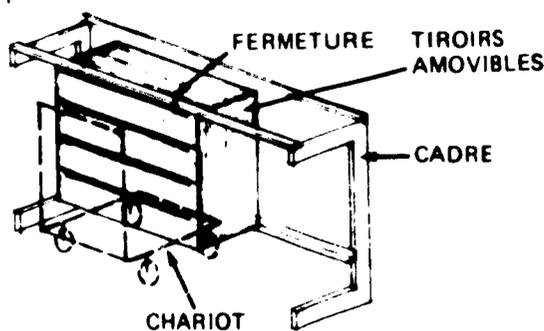


Figure VI. Modèle courant de mobilier de laboratoire

#### *Bureaux*

Du point de vue fonctionnel, les bureaux doivent être rangés dans la même catégorie que les tables de laboratoire. Les tiroirs doivent pouvoir être tirés à fond et il est souhaitable qu'ils puissent se refermer d'eux-mêmes.

Les dessus de bureau et autres dispositifs protecteurs de ce type ne sont pas à leur place dans un laboratoire. La face supérieure du bureau doit constituer elle-même un revêtement protecteur capable de résister à l'action des agents chimiques et à un emploi intensif. Dans un laboratoire, il est bon d'utiliser le même matériau pour revêtir la partie supérieure des bureaux et des autres meubles.

#### *Éviers*

On peut distinguer deux grandes catégories d'éviers : les éviers à cuvette et les éviers ordinaires incorporés aux tables de laboratoire. Les éviers à cuvette conviennent très bien aux usages de laboratoire et peuvent être incorporés aux murs, ce qui permet de déplacer librement le mobilier. Ce sont les éviers en amiante-ciment, en acier inoxydable et en "duriron" (matériau très résistant aux produits chimiques) qui conviennent le mieux aux usages de laboratoire.

#### *Robinetts d'eau et de gaz*

Il est préférable d'incorporer les robinets au mur sans les assujettir au mobilier. L'alimentation en eau continuera ainsi d'être assurée même en cas de réaménagement du laboratoire.

#### *Revêtement de sol*

Le choix d'un revêtement de sol approprié pose souvent un problème très difficile à l'architecte, parce que le fonctionnement quotidien des laboratoires entraîne une usure considérable de ces revêtements. L'expérience montre que la plupart d'entre eux laissent à désirer. En général, il n'est pas rentable d'installer des revêtements de sol de bonne qualité. Un revêtement peu coûteux tel que le béton fera l'affaire, si l'on ne se laisse pas arrêter par des considérations esthétiques (les surfaces de béton présentent des irrégularités et il se forme des marques sur le béton peint aux passages le plus souvent empruntés). Si l'on souhaite utiliser dans certains secteurs des carreaux ou des revêtements époxy plus coûteux, on devra en accepter les incidences financières.

#### *Portes et fenêtres*

L'éclairage naturel est souvent préjudiciable au bon fonctionnement d'un laboratoire. Il est difficile à régler et n'est généralement pas uniforme à l'intérieur d'une pièce. Dans un laboratoire, les fenêtres ne sont pas considérées comme un avantage. Par contre, l'éclairage naturel pourra être pris en considération dans le cas des bureaux ou des ensembles bureaux-laboratoires.

En ce qui concerne les portes, il n'est pas nécessaire de prescrire l'emploi de matériaux déterminés. L'essentiel est qu'elles puissent résister à une utilisation intensive, comme c'est normalement le cas dans un centre de recherche. Les plaques et les barres protectrices jouent un rôle important. Les systèmes d'ouverture à levier sont très pratiques parce qu'ils permettent, au besoin, d'ouvrir une porte avec le coude.

# CHOIX DE L'EMPLACEMENT DES CENTRES DE RECHERCHE

par J. Nekarda

**A**UX fins du présent article, on entend par centre de recherche et de développement industriels un ensemble comprenant des bureaux, des laboratoires et divers autres locaux et installations, destinés notamment à la formation, où l'on s'efforce d'appliquer les résultats de la recherche fondamentale et les connaissances techniques disponibles. Dans de nombreux pays en développement, ces centres jouent un rôle important dans la formation des chercheurs.

## Choix de l'emplacement

Lorsqu'on choisit l'emplacement d'un nouveau centre, il faut tenir compte des diverses considérations macro et micro économiques.

Du point de vue macro-économique, il faut s'efforcer de trouver l'emplacement qui permettra au centre de nouer les liens voulus avec ses clients éventuels et de collaborer étroitement avec des organismes analogues. L'expérience montre qu'il est préférable d'installer les centres de recherche dans les zones où les activités industrielles, sociales et culturelles sont ou seront fortement concentrées, c'est-à-dire, en pratique, dans la capitale ou dans les principaux ports du pays, ou bien à proximité de ces agglomérations.

Du point de vue micro-économique, il faut s'efforcer de trouver, dans la zone retenue, le terrain le plus satisfaisant. Pour le choix de celui-ci, il faut tenir compte des considérations suivantes :

- **Superficie.** Le terrain doit être assez vaste pour que le centre puisse être éventuellement agrandi et que l'on puisse y construire des logements pour le personnel.

---

*L'auteur est Directeur adjoint de l'Institut tchécoslovaque de planification régionale (TERPLAN) installé à Prague. Le présent article a été publié initialement comme document de l'ONU/DI sous la cote ID/WG.181/6.*

- **Sol et sous-sol.** Le sol doit avoir une bonne capacité portante et la surface de la nappe souterraine ne doit jamais être à moins de 2 mètres de la surface du sol.
- **Situation.** Le centre aura un rôle social à jouer et ses bâtiments devront s'harmoniser avec les maisons et autres constructions avoisinantes. Il devra être bien desservi par des moyens de transport.
- **Services publics.** Il importe tout particulièrement que le terrain puisse être raccorde aux réseaux de distribution d'eau, de gaz et d'électricité et au réseau d'égouts. Pour éviter les dépenses considérables qu'entraînerait la construction de réseaux distincts, il faut tirer parti des possibilités qu'offrent à cet égard les zones industrielles existantes.
- **Environnement.** Il faut choisir un endroit où l'air n'est pas pollué et où l'on pourra travailler dans le calme.

Bien d'autres considérations micro-économiques peuvent entrer en ligne de compte lors du choix d'un terrain, celles que l'on vient d'énumérer n'en demeurent pas moins primordiales.

## Un exemple concret

La description ci-après d'un centre tchécoslovaque de recherche et de développement qui fonctionne efficacement montre comment certaines des idées exposées plus haut peuvent être appliquées dans la pratique.

L'Institut de recherche sur les combustibles et leurs utilisations, qui dépend du Ministère des combustibles et de l'énergie, est situé à Běchovice à une quinzaine de kilomètres de Prague. Il a une annexe à Brno, deuxième ville du pays et centre industriel important.

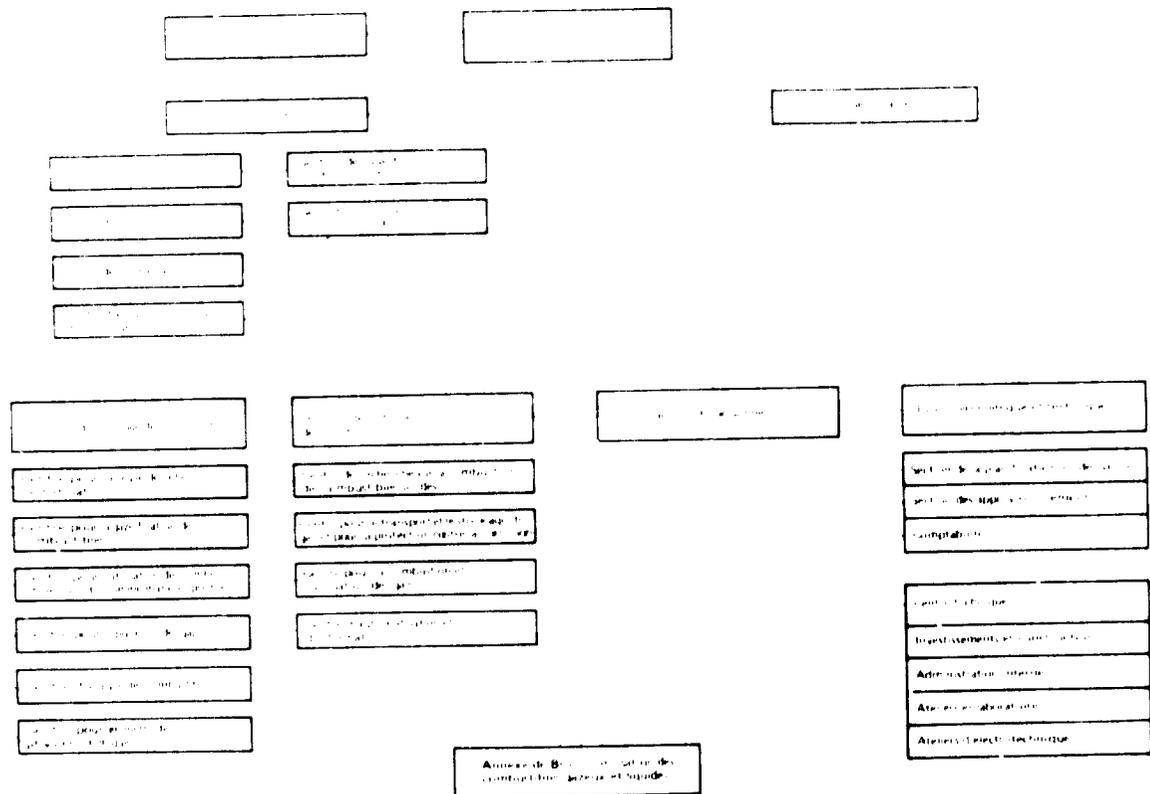
Le principal but de cet Institut est d'étudier le traitement et l'utilisation des combustibles solides gazeux et liquides et d'aider les entreprises à appliquer les résultats obtenus. En outre, l'Institut fait des enquêtes, fournit des services d'experts à des entreprises industrielles et coopère avec des instituts de recherche locaux et étrangers et avec des organisations internationales s'occupant de cette question.

L'Institut comprend un certain nombre de divisions regroupant différentes sections, comme le montre l'organigramme et après il emploie environ 400 personnes.

Il est construit sur un terrain d'une superficie totale de 2,5 hectares dont moins de 5% sont occupés par des bâtiments. Sa consommation d'électricité atteint 420 000 kWh ce qui représente une puissance absorbée de 0,2 MW. Il consomme près de 28 m<sup>3</sup> d'eau par jour et rejette, dans le même temps, environ 20 m<sup>3</sup> d'eaux usées dans les égouts de la ville.

L'Institut est situé dans une zone réservée aux centres de recherche et de développement à la périphérie de la ville. D'autres instituts de recherche importants installés dans cette zone s'occupent des matériaux, des constructions mécaniques, de l'automobile, de l'électrotechnique, etc.

Le principal avantage d'un regroupement des centres de recherche et de développement dans une même zone est qu'il permet de créer un très bon système de distributions communes (évacuation des eaux usées et alimentation en eau, électricité et gaz). Il devient en outre possible de mettre les ressources en commun en vue de créer un cadre de vie et de travail approprié pour le personnel des centres, c'est-à-dire des services sociaux et médicaux, des jardins, des restaurants, des salles de spectacle et un service de protection contre l'incendie.



Organigramme de l'Institut de recherche sur les combustibles et leurs utilisations de B&Sberotec (Technologie)

# Equipement des laboratoires dans les pays en développement

par Helmut Maier

## Choix du matériel

**L**e choix et la spécification du matériel de laboratoire et la détermination de l'espace nécessaire pour tous les départements (en prévoyant une certaine marge pour les agrandissements futurs) et les services auxiliaires (ateliers, chambres noires, installations pilotes, salles de stérilisation, bibliothèques, bureaux et locaux pour le personnel) devraient toujours précéder ou, tout au moins, aller de pair avec l'établissement des plans du bâtiment.

En dehors du matériel de base que l'on trouve dans tous les laboratoires, il est pratiquement impossible de dire de quels équipements doivent normalement disposer les centres d'essai, de recherche ou de développement industriel, étant donné que les travaux qu'ils mènent peuvent varier sensiblement selon les établissements et les pays. Il faut donc choisir avec soin les équipements et les accessoires spéciaux pour que les laboratoires puissent exécuter les travaux prévus. Les organismes nationaux et internationaux qui fournissent une aide aux pays en développement dans ce domaine chargent en général des experts recrutés pour des périodes de courte durée de donner des conseils pour le choix du matériel. Cette formule s'est révélée efficace dans bien des cas, mais elle présente l'inconvénient suivant: les experts qui ne s'occupent que brièvement du projet et qui ne connaissent pas toujours très bien les conditions locales ne sont parfois pas en mesure d'apprécier toute la complexité des problèmes posés par l'utilisation et l'entretien d'instruments perfectionnés ou les difficultés qu'il peut y avoir à se faire livrer régulièrement le matériel qu'ils recommandent.

Dans les pays en développement, il est souvent difficile de trouver sur place les fournitures et le matériel de laboratoire ainsi que les services d'assistance technique et d'entretien nécessaires. En outre, les débouchés limités qu'ils offrent et la grande diversité du matériel de laboratoire et des instruments scientifiques proposés par les fournisseurs et les fabricants étrangers font qu'en général il n'est pas rentable pour les revendeurs locaux de constituer des stocks ou d'employer des ingénieurs en entreprise qualifiés. Dans de nombreux pays, ce problème se complique du fait du contrôle des changes et des restrictions à

l'importation qui frappent dans certains pays certaines pièces de rechange. Il convient que les laboratoires des pays en développement ne partent pas à la recherche sur place d'assistance technique, mais qu'ils trouvent sur place l'assistance technique nécessaire au démarrage et qu'ils demandent au fournisseur de leur équipement qu'il leur fournisse les pièces de rechange nécessaires. Il faut aussi compter sur le soutien et la coopération de l'industrie qui se trouvent parfois à des milliers de kilomètres d'éloignement.

Cette situation apparaît pour une raison simple: la première est le coût de l'achat de matériel et la seconde le retard de livraison.

Quels sont parmi les nombreux fabricants de laboratoires le matériel le plus simple et le plus robuste, ceux qui sont les plus représentatifs des laboratoires capables de fournir les services nécessaires pour l'installation et l'entretien du matériel?

Dans quelle mesure les fournisseurs de matériel comprennent-ils les conditions propres aux pays en développement?

Une autre conclusion importante que l'on peut tirer est que les spécifications du matériel doivent être établies avec beaucoup de soin et de clarté. On pourrait citer d'innombrables exemples de cas où, par suite du manque de précision des spécifications au laboratoire, il y a eu un appareillage incomplet ou ne répondant pas à ses besoins. Il est évident que tout équipement supplémentaire ou accessoire non mentionné dans les spécifications ne sera pas inclus dans votre commande par le fournisseur.

La plupart des brochures ou catalogues publiés par les fabricants ne donnent que des renseignements d'ordre général et non pas des spécifications complètes que l'on pourrait utiliser pour la commande. Si l'on fait son choix en se fondant uniquement sur une documentation de cette nature, on s'expose à des malentendus car, en général, elle n'indique pas les accessoires indispensables qui ne sont pas fournis avec les instruments considérés, les accessoires proposés en option et leur mode d'emploi précis, les fournitures sans lesquelles on ne peut utiliser les instruments, ou les pièces de rechange qu'il est recommandé d'avoir en stock. Pour avoir mal formulé certaines spécifications ou traité avec des fournisseurs manquant d'expérience, des instituts scientifiques de pays en développement se sont vu livrer, par exemple, des machines d'essai sans un seul dispositif de serrage, un séchoir à vide sans pompe à vide ou, tout au moins, sans les pièces nécessaires pour les raccorder, un manomètre sans mercure, un boîtier à température constante, pour une cellule de spectrophotomètre, sans thermostat, et un appareil de distillation

*L'auteur est directeur d'une firme de matériel scientifique et technique à Buchschlag (République fédérale d'Allemagne) spécialisée dans l'équipement des laboratoires des pays en développement. Le présent article a été publié initialement comme document de l'ONU/DI sous la cote IDAWG.181/13*

sans s'arrêter parce qu'ils. On pourrait multiplier indéfiniment les exemples de ce genre.

Le fournisseur croit parfois que le laboratoire dispose de ce matériel qui n'a pas été mentionné dans les spécifications alors que les chercheurs de ce laboratoire ont toutes les peines du monde à le mettre en service. De nouvelles commandes doivent être passées et il faut parfois jusqu'à un an pour se procurer les fournitures manquantes.

La plupart des fabricants ne fournissent que le matériel qu'ils produisent eux-mêmes. Ils sont habitués au fait que dans leur pays on peut se procurer immédiatement, ou tout au moins rapidement, du matériel de laboratoire courant tel que les statifs, les pinces, les tubes, la verrerie et même les petits instruments comme les pH-mètres, les balances et les thermostats auprès d'un revendeur local. Toutefois, lorsqu'on a affaire à des pays en développement, on aurait souvent tort de supposer qu'il en est de même dans ces pays.

Les grandes sociétés spécialisées dans la fourniture de matériel de laboratoire proposent une gamme beaucoup plus large d'articles que les fabricants, et l'on trouve habituellement dans leur catalogue tous les instruments et accessoires nécessaires.

Le fait de traiter avec une grande société plutôt qu'avec plusieurs fabricants présente un autre avantage: cette formule permet de réaliser des économies. En outre, une grande société est en mesure de fournir et de coordonner plus facilement les services nécessaires pour l'installation et l'entretien du matériel. S'il fallait engager un expert pour chaque élément d'un équipement complexe, le coût des services de ce genre deviendrait prohibitif.

Il convient de rappeler que le personnel qui utilisera des appareils complexes devra recevoir une formation spéciale. Les ingénieurs chargés d'installer ces appareils lui donnent en général une formation de base. Toutefois, si les chercheurs qui se serviront du matériel ne possèdent pas l'expérience voulue, il faudra sans doute prévoir une formation plus poussée qui ne pourra être assurée que par les ingénieurs en question. Des programmes de formation spécialisée devront donc être organisés au centre ou dans un institut scientifique approprié, de préférence avant la livraison du matériel. De telles activités pourront, bien entendu, être organisées par l'entremise du fournisseur, mais les dépenses supplémentaires encourues de ce chef (frais de voyage et de séjour, etc.) devront être imputées sur le budget du projet. Les organisations internationales seraient toutes distinguées pour fournir cette forme particulièrement importante d'aide au développement.

### Entretien du matériel

Dans les pays en développement, il importe tout particulièrement que les laboratoires disposent d'ateliers d'électrotechnique, d'électronique et de mécanique de précision bien équipés.

Dans un institut qui utilise des instruments dont la valeur peut atteindre plusieurs millions de dollars, de tels ateliers sont en effet indispensables. Toutefois, ce qui

importe le plus, c'est de recruter du personnel hautement qualifié pour ces ateliers. On constate que dans bien des cas les grades attribués aux chefs d'atelier n'attirent que des techniciens. Les instruments utilisés étant particulièrement coûteux et complexes, il serait parfaitement légitime de relever le prestige de ces fonctions et d'augmenter les traitements qui y sont attachés afin d'attirer des ingénieurs diplômés. Une fois formées à l'entretien des instruments, les personnes appelées à occuper ces postes devraient avoir un grade comparable à celui de sous-chef ou de chef de département. Des cours de formation dans le domaine de l'entretien des instruments devraient être organisés dans des établissements d'enseignement locaux ou à l'étranger sous les auspices des organisations internationales. Les fournisseurs de matériel assurent parfois une formation pour certains instruments dans leurs propres laboratoires.

Il est d'autant plus rentable d'investir dans l'équipement d'un atelier et dans la formation de personnel qualifié que, après l'expiration de la période de garantie, les travaux d'entretien exécutés par les ingénieurs du fournisseur ne sont plus gratuits. Le fournisseur devrait installer le matériel et l'entretenir gratuitement pendant la période de garantie qui peut aller jusqu'à douze mois. Il arrive fréquemment que, faute de crédits, l'entretien du matériel ne soit pas assuré lorsque celui-ci n'est plus sous garantie. Pour éviter cela, il faudrait affecter par avance à l'entretien une somme correspondant à un pourcentage déterminé du prix d'achat du matériel. Un atelier bien équipé peut en outre fabriquer de nombreux dispositifs et instruments spéciaux pour les divers services de l'institut.

Enfin, on croit parfois que dans les pays en développement on peut se passer, par mesure d'économie, d'un système de climatisation. Or, bien plus que l'homme qui a appris à s'adapter aux conditions climatiques défavorables, ce sont les instruments complexes électroniques ou optico-électroniques et le matériel d'analyse qui doivent être protégés contre la chaleur, l'humidité et la poussière. Il faut en outre installer un générateur de secours pour pouvoir alimenter les appareils en cas de panne de courant et de hausse de la tension.

### Règles à suivre pour l'achat du matériel

La règle suivie presque partout est d'attribuer les marchés aux moins disants. S'agissant de matériel scientifique, une application stricte de cette règle pourrait s'avérer une méthode très onéreuse pour équiper un laboratoire. Ainsi qu'il a été indiqué plus haut, des spécifications précises sont un bon moyen de s'assurer que les offres soumises seront correctes et sérieuses. Seules de telles offres permettent de comparer en toute connaissance de cause les délais de livraison et les prix proposés par les différents soumissionnaires.

Si l'on veut éviter de recevoir des offres qui fausseraient les comparaisons, on ne doit inviter à soumissionner que des fabricants et des fournisseurs expérimentés sur les plans technique et commercial. Le mieux est d'adresser les appels d'offres à un nombre restreint de

sociétés présentant toutes les garanties voulues en ce qui concerne la qualité, l'expérience des commandes importantes, le respect des délais de livraison et les services d'assistance technique et d'entretien fournis. On peut être amené de la sorte à ne retenir qu'une seule société pour la fourniture d'un équipement complet de lots de matériel ou d'instruments spéciaux lorsque ceux-ci sont protégés par des brevets ou lorsqu'on désire recevoir une seule soumission.

Il faut toujours préciser dans les appels d'offres dans quelle monnaie devront être libellés les prix indiqués dans les soumissions et s'il devra s'agir de prix de part usine, f.o.b. au port d'embarquement, c.e.f. ou c.a.f. au port de débarquement, si le transport devra s'effectuer par air ou par mer, et si les frais d'emballage seront compris. Il convient de noter que les sociétés américaines ne donnent pas le même sens à l'expression "franco-bord" et cetera que les fournisseurs européens. Ces derniers en tiennent à la définition reconnue sur le plan international aux termes de laquelle les prix f.o.b. comprennent tous les frais de livraison, notamment ceux d'emballage encourus jusqu'à ce que la marchandise soit à bord l'au port ou à l'aéroport d'embarquement, alors qu'aux États-Unis d'Amérique on l'emploie généralement pour désigner des prix de part usine dans lesquels ne sont pas compris les frais d'emballage, le fret terrestre, les frais de chargement, ainsi que les frais de documentation ou d'exportation, qui sont facturés séparément.

Si un soumissionnaire ne respecte pas les conditions énoncées dans l'appel d'offres, il faudra examiner son offre avec soin car il pourrait avoir pour seul objectif de s'assurer un avantage de prix apparent. Une étude technique approfondie des spécifications indiquées dans les soumissions et une comparaison avec la documentation illustrée jointe à celles-ci permettront très souvent d'éliminer les offres qui, à première vue, paraissent plus avantageuses. Le soumissionnaire peut, par exemple, avoir omis délibérément certains accessoires afin de s'assurer un avantage sur ses concurrents. Dans certains cas, de faibles différences de performances qui n'en présentent pas moins une grande importance entraînent des variations de prix considérables.

De nombreuses organisations nationales et internationales n'adressent leurs appels d'offres qu'à des fabricants en leur demandant de leur consentir un rabais correspondant à la commission que touchent habituellement les intermédiaires. L'inconvénient de cette formule est que l'on est amené à passer très souvent des commandes à des firmes qui acceptent volontiers les conditions posées mais qui n'ont pas l'expérience voulue et qui, d'autre part, n'ont pas d'agents dans le pays acheteur, ce qui revient à priver les chercheurs des pays en développement de toute assistance technique. On constate parfois que l'offre d'un fournisseur international de matériel de laboratoire est beaucoup plus élevée que celle d'un fabricant. Dans ce cas, on ne saurait trop recommander de tenir compte de l'expérience du soumissionnaire et des services après-vente qui sont compris dans l'offre.

Un des problèmes posés par l'achat de matériel est celui du délai imparti pour la soumission des offres, qui est souvent beaucoup trop court. Il convient de noter que les fournisseurs sont souvent dans l'impossibilité de soumettre des offres pour de longues listes de spécifications établies à loisir dans les deux ou trois semaines dont ils disposent parfois à cet effet, car les délais nécessaires à l'achèvement du contrat. On pourrait améliorer sensiblement la qualité des offres si on laissait davantage de temps aux soumissionnaires. Les décisions concernant les soumissions doivent être prises avant l'expiration du délai normal de validité des offres, surtout à notre époque où l'inflation dans le monde entier exige de fréquents ajustements des prix.

Un autre problème grave et fréquent est celui des dommages subis par les marchandises en transit et de l'assurance couvrant de tels risques. Par suite d'une manipulation brutale dans des ports qui ne disposent pas d'appareils de levage tels que des chariots élévateurs à fourche, les marchandises peuvent subir des dommages étendus, voire irréductibles. Le dédouanement des marchandises peut entraîner des retards alors que les installations d'entreposage sont dans bien des cas totalement inadéquates. Des caisses contenant du matériel coûteux peuvent ainsi être exposées aux pires intempéries, humidité, lourdes pluies tropicales, très forte chaleur et poussière. Il n'existe aucune méthode rentable pour emballer le matériel de façon à lui éviter tout dommage dans de telles conditions.

Il arrive que, par suite des retards dus à l'importation et à l'examen des envois pour les formalités douanières et administratives, la police d'assurance ait déjà expiré lorsque le matériel arrive à destination et qu'il soit par conséquent impossible de déposer une réclamation. En général, on consacre alors beaucoup plus de temps et d'efforts à rechercher les responsables qu'à trouver un moyen d'éviter que pareille situation ne se renouvelle à l'avenir. Les organisations internationales devraient s'efforcer de résoudre ce problème. La diminution des dommages ou des pertes subies compenserait très rapidement les sommes dépensées à cet effet.

On pourrait formuler ici une dernière suggestion. Les pièces de rechange nécessaires pour remplacer celles qui ont été endommagées durant le transport devraient pouvoir être obtenues dans un minimum de temps et avec un minimum de formalités administratives. Les centres de recherche et de développement devraient donc avoir la possibilité, en cas d'urgence, de s'adresser directement aux fournisseurs pour passer de petites commandes.

Que cette possibilité existe ou non, les chercheurs préfèrent en général avoir affaire à un fournisseur expérimenté et accommodant qui reste en contact avec son client, qui l'assiste sans esprit bureaucratique et qui, dans certains cas, n'hésite pas à lui fournir, gratuitement, les pièces de rechange et les moyens nécessaires pour effectuer des réparations afin d'aider l'institut scientifique à atteindre son objectif principal qui est de travailler utilement, efficacement et sans solution de continuité.

# MEUBLES ET EQUIPEMENT DE LABORATOIRE

par F. Geyer

**L**ES principaux critères à appliquer pour la construction de meubles de laboratoire sont définis dans différentes normes, spécifications et publications dont la plupart sont énumérées à la fin de présent article. On peut mentionner spécialement la norme britannique BS 3202 1959 "Meubles et équipement de laboratoire" [14] et les publications du Département de la santé, de l'éducation et de la protection sociale des Etats Unis d'Amérique [17]. Il existe actuellement en République fédérale d'Allemagne un certain nombre de normes DIN et de directives pour le travail de laboratoire publiées par l'association professionnelle de l'industrie chimique et par celle de la santé publique, qui ont influencé la conception de meubles de laboratoire [2, 16].

Le mobilier utilisé dans les laboratoires de chimie et les laboratoires analogues se compose d'un petit nombre d'éléments superposables ou juxtaposables qui, en dépit de différences d'aspect, présentent les mêmes caractéristiques fondamentales en matière d'agencement et de conception. Font partie de ce mobilier les tables de travail centrales et murales ainsi que les hottes de laboratoire (fig. I), les éviers (fig. II), les armoires

*L'auteur est secrétaire du Comité technique des appareils et meubles de laboratoire de l'Organisation allemande de normalisation (DIN). L'article a été initialement publié comme document de l'ONUDI sous la cote ID.WG.181.5.*

(fig. III), les tables pour balances de précision (fig. IV), les tables pour le triage et les tables pour microscopes (fig. V). Les dessus des tables de travail peuvent reposer sur des cadres en acier ou en bois ou sont insérés d'autres éléments (fig. I et XII) ou sur divers types de dispositifs à ossature fixe (fig. VI).

Il est recommandé de répartir que les meubles du premier type et de ménager entre le fond du meuble et le sol un espace de 20 cm pour rendre la station debout plus agréable et faciliter le nettoyage. Tous ces éléments et en particulier les tables de travail d'une longueur égale ou supérieure à 3 m et les hottes d'une longueur de face de 1,2-1,5 ou 1,8 m et d'une hauteur de 2,8 m sont des objets encombrants qui doivent être démontés, expédiés, assemblés sur place et raccordés aux réseaux de canalisations des bâtiments par des artisans qualifiés.

Dès le début des travaux préparatoires, il faut tenir compte du fait que l'aménagement des locaux, la conception du bâtiment, les réseaux de canalisations et les systèmes de ventilation ainsi que le choix des matériaux à utiliser pour les planchers et les revêtements de mur dépendront pour beaucoup de la nature des meubles que l'on envisage d'installer et de leurs dimensions fondamentales (longueur, hauteur et profondeur). Au cours des vingt dernières années, on a mis au point des équipements de laboratoire, notamment des cellules de plomberie (fig. VII, VIII et XI) et des



Figure 1. Tables de travail centrale et murale, avec rayonnage pour robinetterie et prises de courant, éviers en céramique, cadres d'acier supportant les dessus de table et les corps des meubles en bois lamellé densifié. Hottes standard et à table basse

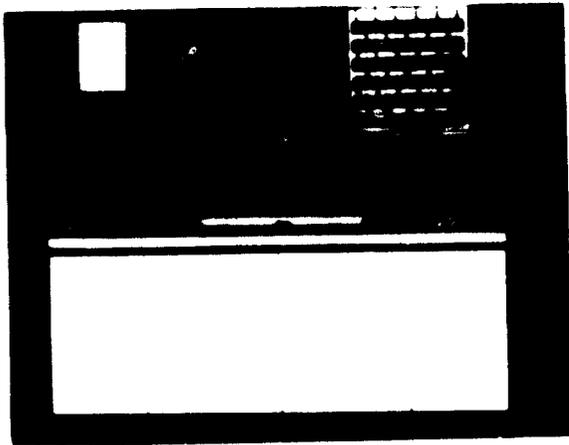


Figure II. Eviers de laboratoire avec égouttoir

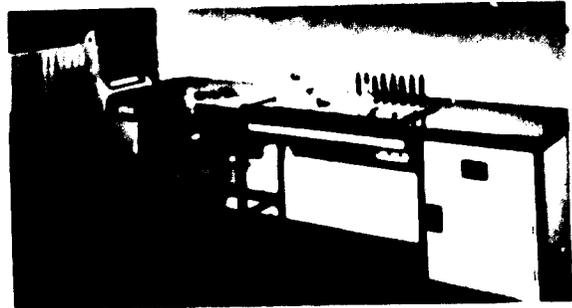


Figure V. Table pour travailler avec



Figure III. Armoires de laboratoire

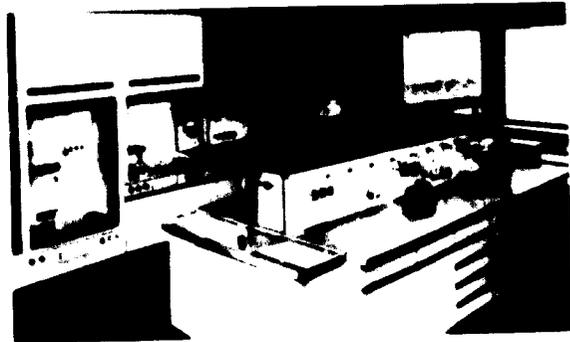


Figure VI. Tables de travail centrale et murale avec unité de robinetterie et de prise de courant à l'arrière, et dessus en plaques de grès résistant à l'acide montés sur éléments à ossature fixe

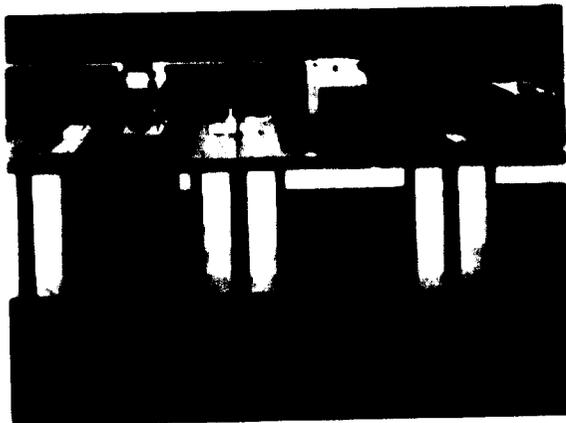


Figure IV. Tables pour balances de précision avec support antivibrations incorporé



Figure VII. Système de tuyauterie préfabriqué composé de conduites de cuivre et de tubes en matière plastique

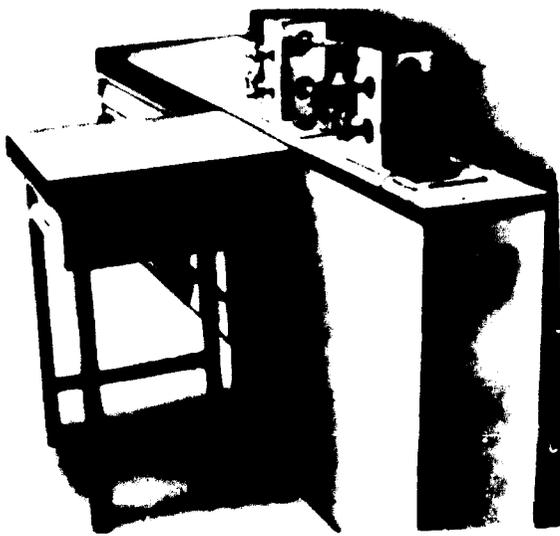


Figure VIII. Éléments centraux de tuyauterie avec robinets de gaz, d'eau et d'air comprimé, prises de courant et éviers à cuvette

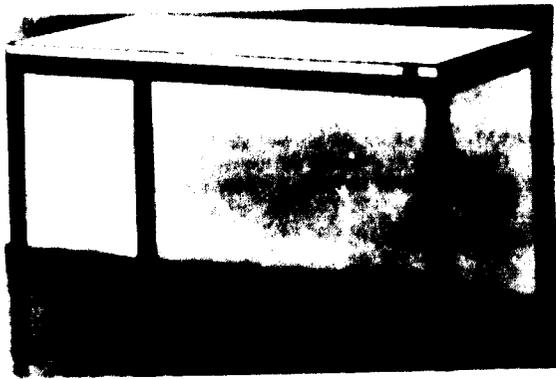


Figure IX. Table pour instruments

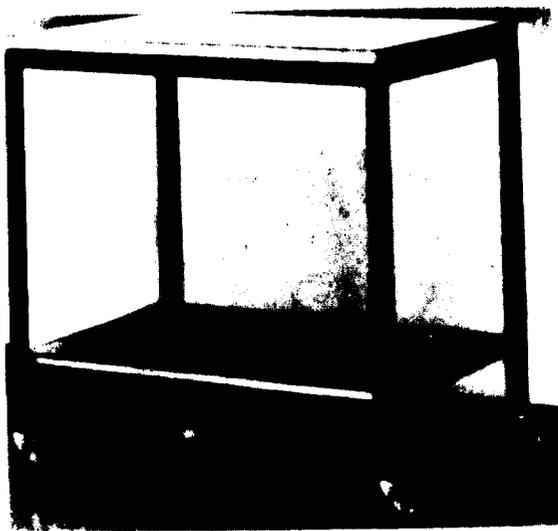


Figure X. Table à roulettes pour instruments



Figure XI. Éléments centraux de tuyauterie desservant un laboratoire Outre électrique ainsi que les tuyaux d'écoulement du trop plein et les systèmes

éléments de table mobiles (fig. IX et X) qui sont mieux adaptés aux méthodes modernes d'analyse physico-chimique.

Ces équipements peuvent remplacer les tables de travail de type classique équipées de tous les appareillages nécessaires. Les cellules de plomberie montées dans l'axe du laboratoire ou sur un mur comprennent des conduites et robinets d'alimentation requis et doivent être raccordées au réseau de canalisations desservant le bâtiment. Les tables, qui sont faciles à démonter, voire indépendantes et mobiles, sont placées à côté des cellules. Dotées de dessus revêtus de différents matériaux, ces tables peuvent supporter divers appareillages électriques spéciaux qui doivent être raccordés aux prises de courant de l'élément central. Il est recommandé de donner la préférence à cet équipement adaptable lorsque la fonction du laboratoire ne peut être précisée au stade de la planification.

Dans les pays industrialisés, un certain nombre d'entreprises se sont spécialisées dans la fabrication, la fourniture et le montage de mobilier de laboratoire. Elles fournissent aussi les plans et indiquent la disposition des canalisations, des systèmes de ventilation et des prises de courant dans le bâtiment, et leur capacité ou puissance. Le caractère de plus en plus rigoureux des exigences à satisfaire et la mise au point de meubles modulaires et de meubles à éléments pour les laboratoires ont stimulé la production en série de châssis en bois, en bois lamellé densifié et en acier recouvert de résines époxydes (fig. XII).



les canalisations maîtresses verticales, ils abritent les panneaux de distribution de ventilation à utiliser avec les tables mobiles pour instruments

Pour leur équipement, les centres de recherche industrielle des pays en voie de développement ne devraient pas être entièrement tributaires des importations. L'importation du mobilier de laboratoire entraîne des frais supplémentaires dus aux droits de transit à acquitter, à l'emballage et au déballage de spécimens. Particuliers, on peut se passer de beaucoup de ces éléments du mobilier de laboratoire fabriqués dans les pays industrialisés. Signifiquement, cependant, dans un nombre de ces pays, les tables de laboratoire continuent d'être montées sur place grâce aux efforts conjugués de divers artisans, menuisiers, charpentiers, plombiers, etc., qui exécutent ce que l'on appelle le second œuvre. Ainsi, les menuisiers ou les menuisiers construisent le châssis qui supporte le dessus de table composé de carreaux posés dans une base de béton et scellés au mastic résistant aux acides. Le plombier pose les canalisations nécessaires. Un fabricant de meubles fournit par la suite les ossatures devant être ajustées aux châssis des tables de travail (fig XIII et XIV). Pendant de nombreuses années, cette méthode a donné de bons résultats et on pourrait aussi s'en servir pour équiper les centres de recherche industrielle des pays en voie de développement. L'entrepreneur chargé de construire et d'équiper le bâtiment pourrait aussi commander et coordonner les travaux de sous-traitance intéressant le mobilier de laboratoire, car il aurait les contacts nécessaires avec les gens de métier locaux. Il pourrait en outre établir les appels d'offres pour les fournitures et le montage et superviser l'avancement des travaux.

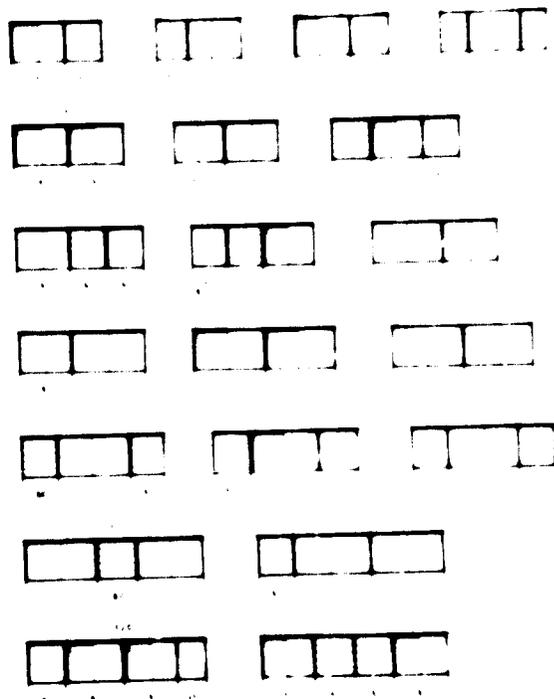


Figure XII. Tables de travail montées à partir de charpentes de différents modules (largeur en centimètres)

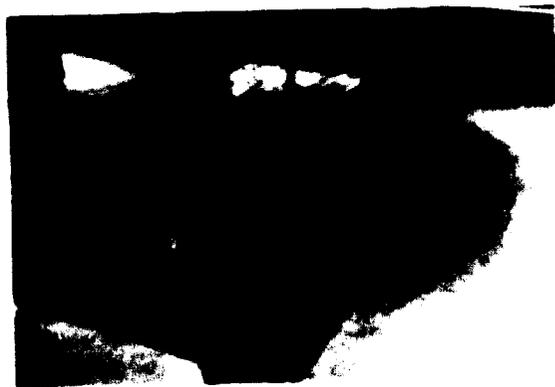


Figure XIII. Montage d'une table de travail

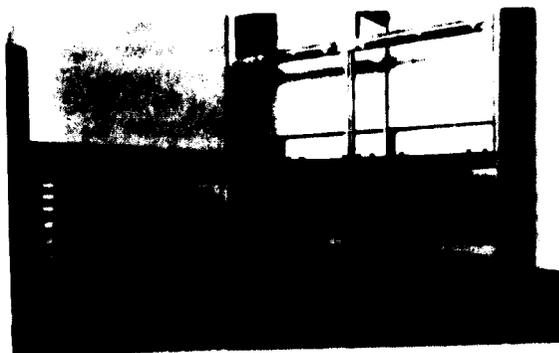


Figure XIV. Montage des hottes aspirantes

## Dimensions fondamentales

Pour ce qui est du travail debout, on a constaté que la largeur optimale de la surface utile des tables de laboratoire était de 60 cm auxquels il fallait ajouter 15 cm pour les montages au dessus du niveau de la table (gaz, courant, rayonnages). La largeur totale de 75 cm est conforme à la norme DIN 12 922 1972, "Mobilier de laboratoire, tables de travail, dimensions" [9] (voir tableau I). Les catalogues des principaux fabricants de mobilier de laboratoire de plusieurs pays (République fédérale d'Allemagne, France, Grande Bretagne et États Unis d'Amérique) ainsi que la norme britannique BS 3202 1959 [14] donnent aussi pour la plupart des éléments d'équipement une largeur totale de 75 cm. Les incidences des dimensions indiquées au tableau I sur l'aménagement des laboratoires sont présentées à la figure XVII.

La variété des dessus de tables fait qu'il a toujours été difficile de respecter les hauteurs indiquées au tableau I. En effet l'épaisseur des dessus de tables varie selon le revêtement et la base utilisés, elle est par exemple de 6 cm pour les carreaux en céramique, de 4 cm pour le pyroceram, de 3,7 cm pour le grès antiacide et de 2,8 cm pour les matières plastiques. Les différences de hauteur d'éléments de tables adjacents peuvent gêner les utilisateurs.

Les appels d'offres doivent donc stipuler que les pupitres et tables ayant des revêtements différents doivent être de hauteur égale (pour compenser les écarts, on peut exhausser les dessus de tables).

On trouvera au tableau I les longueurs modulaires les plus répandues. La longueur de base de 1,2 m est souvent utilisée et la série 60 cm, 90 cm et 120 cm et ses multiples ont été définis à partir de cette longueur. Ce module de longueur à pas de 30 cm (M300) peut être

adapté aux conditions locales et convient à l'utilisation d'éléments d'appont (fig. XII).

## Matériaux

Les matériaux utilisés pour la construction de tables et de hottes de laboratoire doivent satisfaire à des conditions très diverses. C'est notamment le cas des revêtements de surface des tables. Les différentes solutions possibles sont indiquées dans la norme BS 3202 1959 [14]. En République fédérale d'Allemagne et en France, on emploie le carrelage de céramique, l'acier inoxydable, le pyroceram (verre plat résistant aux chocs thermiques), de larges plaques de grès conformes à la norme DIN 12 916 1972 [9 g] et les panneaux de bois lamelle et densifié. Dans la plupart des pays, on trouve sur place des panneaux de bois, du grès naturel, des pièces rapportées en teck ou en bois dur similaire et du béton à revêtement de céramique, mais les dessus de tables en acier inoxydable, le pyroceram ou les grandes plaques de grès antiacide (fig. I et VI) doivent le plus souvent être importés. Les délais qu'entraînent le transport, les formalités douanières et la livraison peuvent retarder sensiblement l'aménagement des laboratoires. Pour la fabrication des armoires, des parties inférieures des tables et de leur charpente, il faut utiliser des essences locales.

La finition des surfaces en bois doit répondre aux exigences particulières du mobilier de laboratoire. L'application de couches de peinture à base de caoutchouc chloré a donné des résultats satisfaisants. Les charpentes d'acier revêtues de résines époxydes pulvérisées dans un champ électrostatique présentent, pendant de nombreuses années, une très bonne résistance à la corrosion. Cependant, les pays en voie de développement sont en général obligés d'importer ces charpentes.

TABLEAU I DIMENSIONS DES TABLES DE TRAVAIL  
(en millimètres)

	Fabricants américains		Fabricants britanniques		Fabricants français		Fabricants allemands				
	DIN 12 922	BS 3202	Fisher	Nil	Hamilton		Gallen kamp	Grundy	Cathin	Kotter mann	Waldner
					Metal	Bois					
Hauteur Travail debout	900	910	914	940	940	915	914	900	900	900	915
	750	760	760	710 <sup>a</sup> 735 <sup>b</sup> 790 <sup>c</sup>	760	760	760	750	760	775	745
Largeur de la surface utile	600	610	610	610	610	610					600
Largeur totale	750		785	760	760	760	760	750	750	750	750
(y compris l'espace réservé aux robinets, etc.)	1 500		1 395	1 370	1 370	1 370		1 500	1 500	1 500	1 500
Longueur des éléments			465	465	465	465		500 <sup>c</sup>			
	600		620	610	610	610			600 <sup>c</sup>	600 <sup>c</sup>	600
	900		890	900	900	900		1 000 <sup>c</sup>		900 <sup>c</sup>	900
	1 200		1 195	1 195	1 195	1 195			1 150 <sup>c</sup>	1 200 <sup>c</sup>	1 200

<sup>a</sup>Table pour microscopes.

<sup>b</sup>Table de chimiste.

<sup>c</sup>Table pour titrage et balances de précision.

<sup>d</sup>Ancienne norme de hauteur allemande = 780 mm.

<sup>e</sup>Non compris la partie en saillie du dessus de table (voir fig. XII).

## Canalisations

Pour dresser le plan des réseaux de canalisations d'un centre de recherche, il faut tenir compte des robinets d'eau, de gaz, d'air comprimé, de vapeur, ainsi que des prises de courant dont on aura besoin sur les tables de travail et dans les armoires. Il convient donc de préciser de bonne heure la nature des installations nécessaires et le nombre des robinets, distributeurs et valves (tableau 2).

TABEAU 2. NOMBRE RECOMMANDE DE ROBINETS ET PRISES ET SOCIÉTÉS

Installation	Longueur, m	Devant de tables de 0,6 x 0,75 m de largeur			
		3	4,6	4,2	4,5
Robinet de gaz		2	2	3	4
Robinet d'eau		2	2	4	4
Au dessus des éviers à cuvette		1	1	2	2
Vannes à air comprimé		1	1	1	2
Circuits électriques munis de fusibles		2	2	2	3
avec					
Prises de courant diphasé		4	4	4(6) <sup>a</sup>	6(8) <sup>a</sup>
Prises de courant triphasé		1	1	1	2
		Devant de tables de 1,5 m de largeur			
Robinet de gaz		4	4	6	6
Robinet d'eau		4	4	8	8
Au dessus des éviers à cuvette		2	2	4	4
Robinet d'eau		3	3	6	6
Robinet d'eau chaude au dessus		1	1	2	2
d'éviers avec trop plein		1	1	2	2
Vannes à air comprimé		2	2	2	4
Circuits électriques munis de fusibles		4	4	4	4
avec					
Prises de courant diphasé		8	8	8(12) <sup>a</sup>	12
Prises de courant triphasé		2	2	2(4) <sup>a</sup>	4
		Hottes aspirantes			
	Longueur, m	1,2	1,5	1,8	
Robinet de gaz (commandés de l'avant)		2	2	3	
Robinet d'eau (commandés de l'avant)		2	3	4	
Éviers à cuvette		1	2	2	
Vannes à air comprimé (commandées de l'avant)		1	1	1	
Circuits électriques munis de fusibles		1	1	2	
avec					
Prises de courant diphasé		2	3	4	
Prises de courant triphasé		1	1	1	

<sup>a</sup>Pour laboratoires de physique ou de chimie

Les trois types de garnitures utilisées respectivement pour supporter les tables de travail, pour les fixer au mur et pour commander les portes qui s'ouvrent vers l'avant sont en laiton. Dans des pièces climatisées, les surfaces chromées sont en général suffisamment résistantes. En

Allemagne, les robinets utilisés dans les laboratoires de chimie employant des procédés par voie humide.

L'adoption d'un code de couleurs pour les manettes et les volants de commande des robinets et vannes facilite l'identification des fluides. La norme BS 3202 recommande un système d'identification alphabétique, mais les changements de position de la manette pour les lettres sont parfois difficiles à lire, particulièrement si les symboles ne sont pas compris partout.

Il arrive fréquemment que l'on installe pour de canalisations que ne exigeait l'activité de laboratoire. Dans quelques laboratoires, les tuyaux d'alimentation des systèmes à air comprimé atteignent même plus 600. Pour alimenter les tables de travail en air comprimé, une pression manométrique de 1 bar et un débit de maximum de 0,15 m<sup>3</sup> par minute [3] est peut-être suffisant si les valves de 3/8 de pouce.

Les installations pneumatiques pour l'aspiration à 0,15 m<sup>3</sup> par minute à une pression inférieure à 400 torr<sup>1</sup> à chaque point, peuvent être aussi plus coûteuses et peu rentables. Les moteurs actionnés à courants continus et les petites pompes rotatives à moteur sont plus pratiques et plus économiques, car ils produisent un vide intérieur à 200 torr et la pression obtenue ne dépend pas des variations de charge du système de canalisations.

Il est douteux qu'il faille alimenter les tables de travail et armoires en vapeur, bien que la vapeur puisse certainement servir de source de chaleur pour évaporer des liquides inflammables. On ne fabrique guère d'appareils de laboratoire chauffés à la vapeur, en effet, les appareils électriques à température contrôlée, dont certains sont antideflagrants, sont non seulement faciles à obtenir, mais d'un emploi beaucoup plus pratique.

Dès le stade de la planification, il faut déterminer s'il y a lieu d'alimenter toutes les tables de travail et gaz à haute pression (azote, oxygène, hydrogène, helium et acide carbonique). On peut envisager les systèmes d'alimentation suivants:

a) Un réseau de canalisations desservant le bâtiment entier et reliant un compartiment central pour le stockage des récipients de gaz à haute pression aux soupapes à pointeau des tablettes à réactifs sur les tables de travail.

b) Conduites courtes reliant les compartiments décentralisés, pour bouteilles de gaz à haute pression aménagés aux différents étages et dotés d'un système de ventilation, aux soupapes à pointeau des tables de travail, comme par exemple dans les laboratoires de chromatographie (fig. XV).

c) Doter les tables de travail et les armoires d'un dispositif de serrage permettant d'assujettir des cylindres à haute pression munis de détendeurs; cette solution est incontestablement la plus économique [8].

<sup>1</sup>Le torr est une unité de pression égale à 1/1000 d'atmosphère, équivalant à celle que produit une hauteur de 1 mm de mercure à 0°C et à gravité normale.



Figure XV. Extrémités des canalisations devant être raccordées à la tuyauterie d'une table de travail

Il faut cependant tenir compte de ce que le recours à cette dernière formule aura pour effet d'augmenter la proportion de matières combustibles par unité de superficie et les risques d'explosion en cas d'incendie. En Allemagne, il est recommandé de ne pas laisser pendant la nuit les bouteilles de gaz à haute pression dans les laboratoires [2, 12].

Dans un centre de recherche industrielle, les aires de travail des laboratoires doivent être dotées d'alimentations séparées en eau potable (eau de ville) et en eau industrielle. Les volants des robinets d'eau potable et d'eau non potable doivent être faciles à distinguer, par exemple être de couleur différente ou porter des inscriptions clairement visibles et durables. L'alimentation en eau non potable des tables de travail permet de réduire considérablement la consommation d'eau potable (qui se situe entre 180 et 550 l/h pour une pompe à jet d'eau). Il faut aussi mettre les canalisations d'eau potable à l'abri de tout retoulement pouvant résulter du raccordement des tuyaux de laboratoire aux robinets d'alimentation [3, 5a, 7, 14 et 17].

L'Institut national d'hygiène des États-Unis recommande [17] la mise en place d'un réseau d'eau industrielle desservant l'ensemble des aires de travail. Ce réseau serait indépendant du réseau d'eau potable à usage domestique et il suffirait de désigner par une marque ou une inscription les quelques robinets d'eau potable.

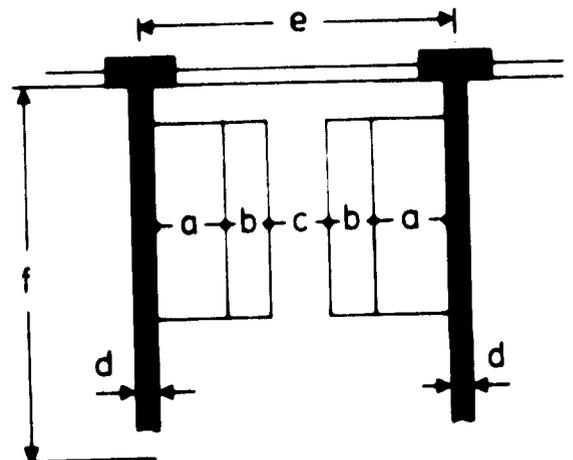
Il se pourrait qu'il soit plus pratique et plus économique d'installer des chauffe-eau électriques au-dessus des éviers de laboratoire que d'alimenter les robinets d'eau des tables de travail.

Il est inutile d'équiper chaque table de robinets en plastique pour l'eau distillée et déminéralisée [14, 17]. En général, il suffit d'installer un seul robinet, alimenté par une source centrale, dans chaque type de laboratoire ou à chaque étage, et cela seulement si l'activité de l'Institut exige une alimentation constante en eau distillée ou déminéralisée. Dans tous les autres cas, on peut puiser l'eau distillée dans des bouteilles rangées sur la tablette à réactifs de la table de travail.

On ne peut mesurer la consommation de gaz d'après le nombre de robinets des tables de travail ou des hottes aspirantes. À la pression normale de 90 mm d'eau, le débit de gaz d'un robinet de 3/8 pouces est de 1 200 l/h. Un bec Bunsen consomme environ 100 l/h [3, 5b, 5c, 14 et 17].



Figure XVI. Cylindre de gaz à haute pression dans un compartiment aéré



- a) Largeur des dessus de table
- b) Largeur de la surface utile
- c) Largeur du couloir
- d) Épaisseur des cloisons
- e) Distances optimales
- f) Pour laboratoires
- Pour bureaux

0,6 m et 0,75 m  
0,45 m  
0,55 m

selon la construction

	3 m	3,3 m	3,6 m
6-7,0 m	6,6-8 m	7,2-9,0 m	
3-4,5 m	3,3-6 m	3,6-5,5 m	

Figure XVII. Dimensions et aménagement des aires de travail

Le coefficient de diversité de 0,4 ou 0,5 mentionné dans la norme BS 3202 doit être fondé uniquement sur une consommation de gaz de 100 l/h et non pas sur le débit maximum possible du robinet. Toutes les tables de travail et armoires sont équipées de robinets et autres distributeurs de gaz; cependant, l'utilisation des appareils de laboratoire chauffés au gaz ne cesse de reculer au profit des appareils électriques.

Dans beaucoup de laboratoires, le gaz naturel (200 mm d'eau) est désormais remplacé par l'alimentation en gaz de ville ordinaire (90 mm d'eau). L'augmentation de la pression impose l'utilisation de brûleurs et d'accès sores spéciaux, dotes de robinets très étanches et ne devant pas être graissés. Pour des raisons de sécurité, les bouteilles de propane ou de butane à haute pression doivent être installées à l'extérieur du bâtiment.

Les robinets du réseau de canalisations mêmes seront raccordes des tables de travail, armatures et éléments de tuyauterie préfabriqués (fig. XVI) ne doivent pas excéder les dimensions ci-après :

Eau	1 pouce
Gaz de ville	1/2 pouce
Gaz (propane ou butane)	1/2 pouce
Air comprimé	1/2 pouce
Vide	1/2 pouce
Écoulement de trop plein	50 mm NB

Pour les conduites préfabriquées des tables de travail et des cellules de tuyauterie, on se sert de tubes en cuivre et de raccords soudés. Les conduites de gaz, de vide et d'air comprimé qui sont montées en laboratoire sur les tables de travail sont en général en acier noir et munies de garnitures en fer malleable, tandis que pour les conduites d'eau on utilise le plus souvent des tubes d'acier galvanisés et des garnitures en fer galvanisé. Les extrémités des conduites d'alimentation doivent être munies de soupapes d'arrêt.

Les éviers à cuvette et les éviers avec trop plein sont en grès antiacide, en argile réfractaire, en acier inoxydable ou en matières plastiques. En République fédérale d'Allemagne, leurs dimensions doivent être conformes aux normes DIN 12 914 1973 et DIN 12 915 1973 [9c, 9f]. Les éviers en céramique glazée de couleur brune, blanche ou grise et les siphons en céramique sont très résistants à la corrosion et conviennent donc particulièrement bien aux usages de laboratoire. Les éviers en acier inoxydable sont moins résistants, notamment lorsque l'eau contient de petites quantités d'halogènes et surtout de chlore, ce qui arrive souvent dans les laboratoires de chimie. En ce qui concerne l'écoulement du trop plein, on peut utiliser des tubes de fer aux bouts mâle et femelle en fonte à grain fin [14], ou bien des conduites en chlorure de polyvinyle ou en polyéthylène avec raccords soudés qui résistent bien à la corrosion et aux chocs.

Les écoulements en grès ou en verre antiacide sont très résistants à la corrosion, mais leur résistance aux chocs est faible.

Dans les centres de recherche des pays en voie de développement, il est recommandé d'utiliser des tubes en fonte, que l'on trouve partout, tant pour les conduites maîtresses que pour la tuyauterie des tables de travail montées sur place.

### Consommation de fluides

Croissant [3, page 49] a mesuré la consommation de vapeur, d'eau, de gaz et d'air comprimé (fig. XVIII et

XIX) et tabulé ses résultats. Les valeurs indiquées dans le tableau 3 ont été obtenues dans des laboratoires d'essai de l'Institut fédéral de technologie (Technische Universität München) appartenant à l'Institut fédéral de technologie (Technische Universität München) et non de l'Institut fédéral de technologie (Technische Universität München). Les consommations de vapeur, d'eau, de gaz et d'air comprimé, pour 24 heures de travail moyen, sont indiquées dans le tableau 3. On a également révisé les valeurs indiquées dans le tableau 3, en tenant compte de l'impossibilité d'obtenir des données exactes sur la base solide pour la planification de la construction de ce type, tout en estimant que ces données sont suffisantes pour permettre de sélectionner les matériaux et les équipements à acheter, auquel il faut ajouter des données relatives aux cas. Les résultats des mesures sont résumés dans le tableau 3.

TABLEAU 3. CONSOMMATION PAR UNITÉ DE CONSULTEUR DES TABLES DE TRAVAIL ET PAR TRAVAILLEUR

Paramètre	Consommation	
	par unité de consultant	par travailleur
Vapeur	0,02 2,2 kg/h <sup>1</sup> (1,4)	1,9 6,6 kg/h <sup>1</sup> (1,4)
Eau	0,034 0,12 m <sup>3</sup> /h <sup>1</sup> (1,4)	0,12 0,36 m <sup>3</sup> /h <sup>1</sup> (1,4)
Gaz		
le gaz	0,01 0,04 m <sup>3</sup> /h <sup>1</sup> (1,4)	0,02 0,11 m <sup>3</sup> /h <sup>1</sup> (1,4)
Air comprimé	0,02 0,1 m <sup>3</sup> /h <sup>1</sup> (1,4)	0,11 0,52 m <sup>3</sup> /h <sup>1</sup> (1,4)

<sup>1</sup>Mètre cube standard.

### Conclusions

Lors de l'élaboration des plans d'un centre de recherche industrielle, le mobilier de laboratoire doit être considéré comme faisant partie intégrante du bâtiment et décrit en détail dans le projet.

Dans le passé, la planification du mobilier de laboratoire, le lancement des appels d'offres correspondants, la livraison et le montage sur place des meubles ne commençaient qu'après l'achèvement du bâtiment, d'où des dépenses supplémentaires considérables et d'importantes pertes de temps. Cependant, si l'on parvient à coordonner le montage du mobilier de laboratoire avec les travaux de construction proprement dits, on disposera, à tous les stades, de la main-d'œuvre nécessaire pour mettre en place tables de travail et hottes aspirantes et les raccorder au réseau central de canalisations.

Si l'on constate de bonne heure que les ingénieurs de l'entreprise de construction ne sont pas capables de dresser les plans du mobilier de laboratoire et que les sous-traitants locaux ne peuvent exécuter ces travaux, on fera bien d'inviter un fabricant expérimenté du mobilier de laboratoire à présenter une documentation sur la fourniture et le montage sur place de laboratoires préfabriqués. Cependant, les difficultés de transport font que peu d'entreprises spécialisées s'intéressent aux opérations de ce genre.

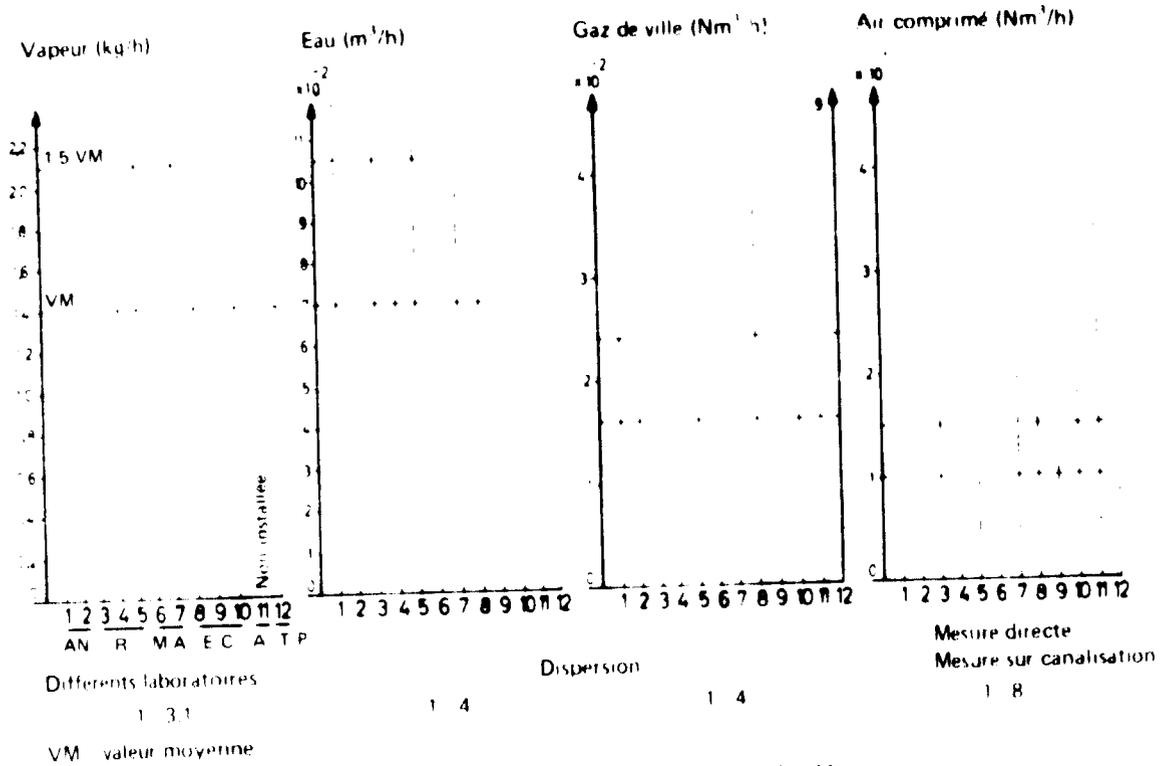


Figure XVIII. Consommation par mètre de longueur de table

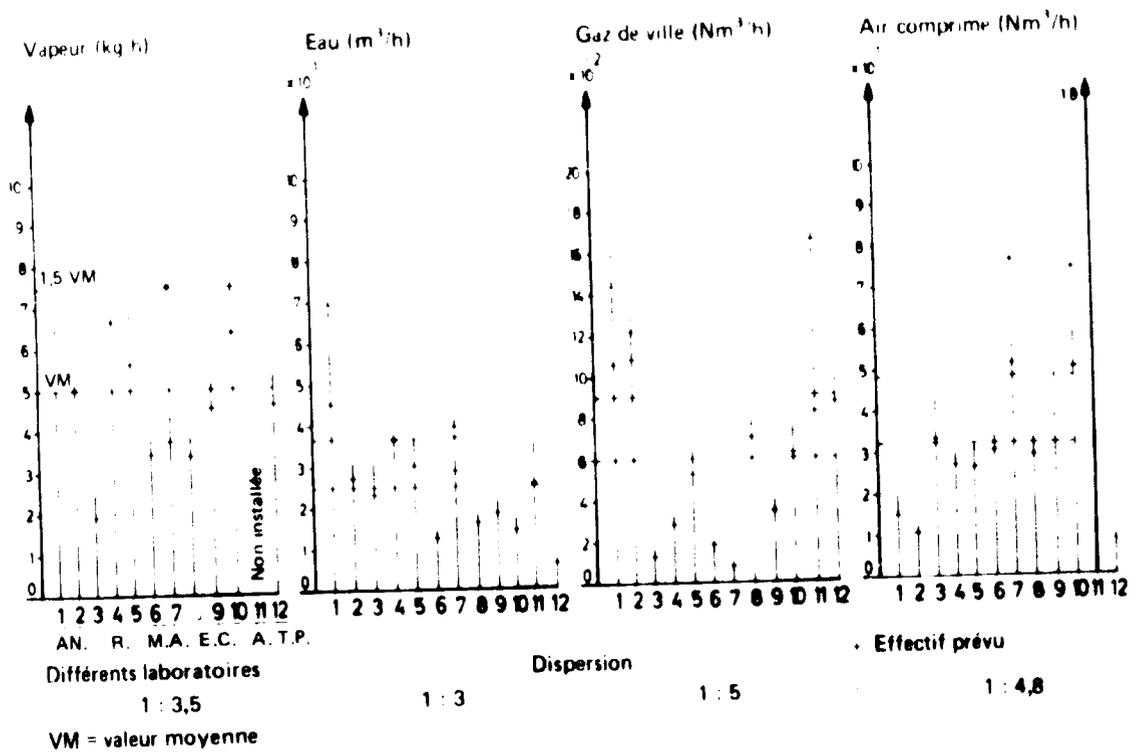


Figure XIX. Consommation en fonction de l'effectif du personnel

## BIBLIOGRAPHIE

- 1 Beck, H. *Ealtungseigenschaften von Laborabzügen* (Capacité de ventilation des hottes aspirantes de laboratoire). Weinheim, Chemie-Ingenieur Technik, 1964 (No. 16).  
En allemand.
  - 2 Berufsgenossenschaft für die chemische Industrie. *Richtlinien für chemische Laboratorien* Nr. 12 (Directives pour les laboratoires de chimie n° 12). Weinheim Verlag Chemie, 1972.  
En allemand.
  - 3 DECHEMA. *Erfahrungsaustausch Laborbau* (DECHEMA. Echanges de données d'expériences construction de laboratoires). Frankfurt/M., DECHEMA, 1969.  
En allemand.
  - 4 Decken, C. B. et B. Hundorf. *Untersuchungen über die strömungstechnischen Vorgänge in der Kapelle eines Laborabzuges* (Études des processus dynamiques dans la cabine d'une hotte aspirante). Darmstadt, GIT, 1968 (n° 8).  
En allemand.
  - 5 Deutscher Verein von Gas- und Wasserfachmannern (DVGW) Normen (Normes de la Fédération allemande des spécialistes de gaz et de l'eau). Eschborn (République fédérale d'Allemagne).
    - 5a) *Wasserversorgung Verbrauchsanlagen* (Alimentation en eau carabisations de distribution). DVGW, W 503/1966.  
En allemand.
    - 5b) *Technische Regeln für Bau und Prüfung von vorgefertigten Bauteilen mit Gas und Wasserinstallation* (Règles techniques pour la construction et l'essai d'éléments de construction préfabriqués munis d'installations de gaz et d'eau). DVGW, GW 3 (1968).  
En allemand.
    - 5c) *Technische Regeln für die Installation von Gasanlagen in Laboratorien* (Règles techniques pour l'installation de réseaux de distribution de gaz dans les laboratoires). DVGW, G 621 (1971).  
En allemand.
  - 6 *Druckgasverordnung* (Règles applicables aux gaz sous pression). Cologne, Carl Heymann's Verlag.  
En allemand.
  - 7 Dunkl/Geyer. *Rationale Lösungen von Laborbau und Laboreinrichtungsproblemen in Hochschulen, Industrie unternehmungen und im Gesundheitswesen der USA* (Solutions rationnelles des problèmes que posent la construction de laboratoires et la conception d'équipement de laboratoire dans les établissements d'enseignement supérieur, les entreprises industrielles et les services de santé publique des États-Unis d'Amérique). In *Beiträge zur Universitätsplanung* (Contributions à la planification des universités). Frankfurt/M., DECHEMA, 1970, (Cahier 6).  
En allemand.
  - 8 Feurich, H. *Rohrnetze für Sauerstoff, Druckluft, Vacuum, Kohlendioxid in Krankenhäusern und Laboratorien* (Réseaux de canalisations d'oxygène, d'air comprimé, de vide et d'anhydride carbonique dans les hôpitaux et les laboratoires). Darmstadt, GIT, 1964. (N° 8, 9 et 10).  
En allemand.
  - 9 Deutsche Industrie Norm (DIN) (Normes industrielles allemandes). Berlin, Beuth-Vertrieb GmbH.
    - 9a) *Ventilation plant: principes*. (Installations de ventilation: Principes). DIN 1946-1960, première partie.  
En anglais et en allemand.
    - 9b) *Résistance au feu des matériaux et des éléments de construction*. DIN 4102-1970.  
En allemand.
    - 9c) *Eclairage des locaux à la lumière naturelle: principes*. DIN 4034-1969.  
En allemand.
    - 9d) *Mobilier de laboratoire: carreaux de céramique pour dessus de tables de laboratoire*. DIN 12 912-1973.  
En allemand.
  - 9e) *Mobilier de laboratoire: revêtements*. DIN 12 914-1973.  
En allemand.
  - 9f) *Mobilier de laboratoire: revêtements trop pleins, non puré*. DIN 12 915-1973.  
En allemand.
  - 9g) *Mobilier de laboratoire: pléjus pour dessus de tables de laboratoire*. DIN 12 916-1972.  
En allemand.
  - 9h) *Code de couleurs à utiliser sur les manettes et boutons des robinets de laboratoire*. (Laboratory color codes). DIN 12 920-1971.  
En allemand.
  - 9i) *Mobilier de laboratoire: tubes de travail*. (Laboratory tubes). DIN 12 922-1972.  
En allemand.
  - 9j) *Mobilier de laboratoire: hottes aspirantes*. (Exhaust hoods). DIN 12 923-1972.  
En allemand.
  - 9k) *Installations de chauffage: chemises*. DIN 18 160-1968, première partie.  
En anglais et en allemand.
  - 9l) *Circulation dans les bâtiments*. DIN 18 225-1958.  
En allemand.
  - 9m) *Vération des laboratoires*. VDI 2051-1966.  
En allemand.
- 10 Geyer, F. *Anforderungen an Laborbauten* (Conditions auxquelles doivent répondre les bâtiments de laboratoires). Darmstadt, GIT, N° 12, 1967 et n° 11, 1968.  
En allemand.
  - 11 *Richtlinien für die Planung und den Bau von Laboratorien* (Directives pour la conception et la construction de laboratoires). Weinheim, Chemie-Ingenieur Technik, 1971 (N° 11).  
En allemand.
  - 12 "Rôle et intérêt de la normalisation dans l'aménagement et l'équipement des laboratoires." *Courrier de la Normalisation*, N° 228, novembre-décembre, 1972.  
En français.
  - 13 "The role and significance of standardization of laboratory equipment and furniture (Rôle et intérêt de la normalisation de matériel et de mobilier de laboratoire)." *Laboratory Practice* (London), No. 4, 1973.  
En anglais.
  - 14 *Laboratory furniture and fittings* (Mobilier et équipements de laboratoire). BS 3202-1959. London, British Standards Institution 112 p.  
Avec bibliographie.
  - 15 Strangmann, W. *Wasserverbrauch in chemischen und biologischen Laboratorien* (consommation d'eau dans les laboratoires de chimie et de biologie). Darmstadt, GIT, 1964. (N° 6).  
En allemand.
  - 16 *Unfallverhütungsvorschrift, Medizinische Laboratoriumsarbeiten* (Prévention des accidents de travail dans les laboratoires de médecine). Frankfurt-sur-le-Main, HGVVV.  
En allemand.
  - 17 United States Department of Health, Education and Welfare. *Health Research Laboratory Design* (Conception de laboratoires de recherche médicale). Bethesda, Maryland, NIH, 1968. (Publication 180).  
Avec bibliographie.
  - 18 Verband Deutscher Elektrotechniker (VDE) Normen (Normes de l'Association allemande de l'électrotechnique). Offenbach-sur-le-Main (République fédérale d'Allemagne).
    - 18a) *Bestimmungen für das Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1 000 V mit Änderungen - c) 12,65 und e) 12,65* (Règles pour l'installation de matériel à haute tension jusqu'à une tension nominale de 1 000 volts avec amendements 12,65 c) et 12,65 e). VDE 0100-1965.  
En allemand.

# ARCHITECTURE ET CONSTRUCTION :

## Exemple n° 1 : Le siège du Conseil

**L**e présent article est consacré aux considérations techniques qui interviennent dans la construction et la décoration d'un centre de recherche développement industriel. Tous les aspects de la question n'y sont pas étudiés, mais ceux qui ont été retenus ont une importance particulière pour *a)* construire des laboratoires adaptés à leurs fonctions, *b)* maintenir à un niveau minimum les investissements initiaux et les frais d'entretien.

Les illustrations décrivent les laboratoires du Conseil de la recherche de Colombie britannique, à Vancouver. Ce centre, qui a été achevé en 1969 (fig. 1), a été choisi pour illustrer les principaux aspects du problème et pour montrer comment l'on peut faire un choix entre les divers matériaux et méthodes de construction possibles. On n'en conclura pas pour autant que les méthodes et les

matériaux décrits ici seraient les meilleurs dans tous les cas. L'état définitif de toute construction répond à un certain nombre de compromis entre plusieurs éléments. Mais ce type de construction systématique et rationnelle permet cependant de mieux tenir compte des fonctions futures de l'immeuble édifié, et s'approche au plus près de la solution "idéale".

### Définition du "module"

Pour certains, le terme "modulaire", tel qu'il est utilisé en architecture, désigne une conception dimensionnelle où toutes les principales dimensions sont des multiples ou des sous-multiples d'une dimension modulaire particulière. Pour d'autres, le module est un élément de construction qui peut être utilisé de façon répétée pour constituer d'importants éléments de l'immeuble. Ces deux définitions, cependant, impliquent le recours à une architecture standardisée (fig. 1). La

*Directeur d'étude des systèmes au Conseil de la recherche de Colombie britannique à Vancouver (Canada). Cet article a d'abord été publié par l'ONUDI sous la cote ID/WG.181/12.*

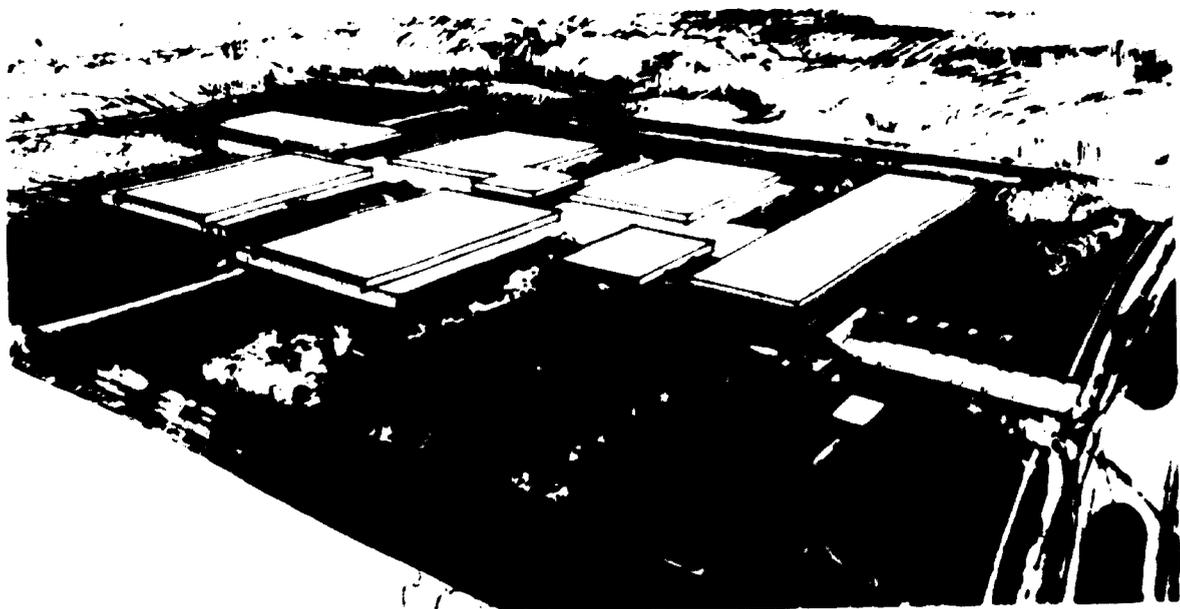


Figure 1. Le Centre de recherche de Colombie britannique, vu par un dessinateur. Le Centre ne peut pas être vu dans sa totalité depuis le niveau du sol. L'aspect visuel global n'est donc pas essentiel. Les bâtiments prévus ultérieurement augmenteraient la superficie du centre, mais de façon à préserver le plan d'ensemble original. Les rapports plastiques entre les divers bâtiments sont un élément de diversité et d'intérêt.

# QUELQUES CONSIDERATIONS TECHNIQUES

## de la recherche de Colombie britannique

par J. E. Breeze

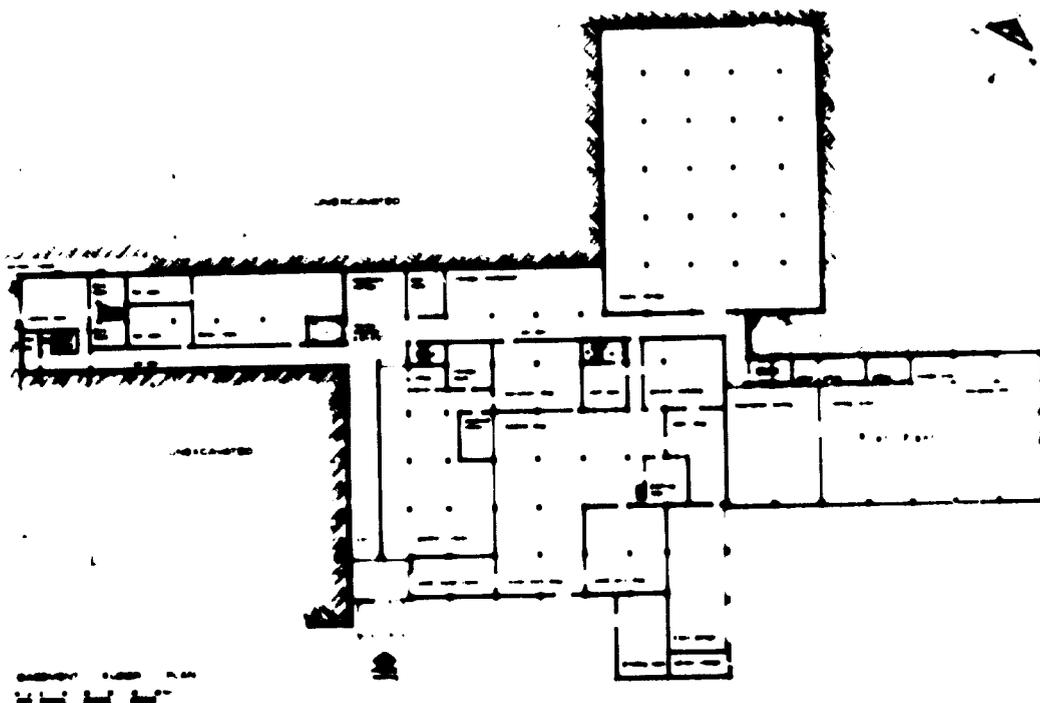


Figure 11. Architecture modulaire. La pente naturelle du terrain a permis de placer ateliers et dépôts à l'étage inférieur, c'est à-dire en un endroit à la fois économique et central. Ces locaux sont monolithiques et construits en matériaux ininflammables. Les planchers, les poutres et les murs sont en ciment armé.

méthode modulaire n'est pas seulement une méthode d'étude efficace, mais sert aussi à limiter les frais grâce à l'utilisation de l'élément commun. En effet, dans un immeuble à construire, il arrive que de nombreux éléments, ayant des dimensions identiques, puissent être répétés à plusieurs reprises. Cette répétition même permet des économies, que les éléments en question soient construits sur place ou en usine. Dans les immeubles en ciment, par exemple, la méthode modulaire permettra l'utilisation répétée d'éléments de haute qualité, à des prix nettement inférieurs. De même, à l'intérieur de l'immeuble, la répétition des modules permettra d'employer des cloisons et des meubles de mêmes dimensions et disposés de la même manière.

Cependant, l'un des arguments les plus convaincants en faveur de la méthode modulaire dans la construction des laboratoires tient aux facilités qu'elle donne pour les adaptations et les modifications futures. Il est possible en effet d'ajouter des cloisons intérieures sans transformation fondamentale du module de base, ou de supprimer des éléments qui pourront être réutilisés ultérieurement.

### Types de construction possibles

Il existe de nombreux types de construction pouvant convenir aux centres de recherche. Le plus simple est un immeuble rectangulaire d'un ou plusieurs

étages. On peut agrandir un édifice de ce genre en lui ajoutant des ailes à l'une ou l'autre extrémité, ou même au centre. Le Centre de la recherche de Colombie britannique comporte une structure centrale reliant entre elles un certain nombre d'ailes constituées de bâtiments rectangulaires (fig III). Les éléments déterminants dans le choix du type de construction sont sans doute les agrandissements éventuels. Un immeuble rectangulaire simple peut être agrandi en y ajoutant des étages ou des ailes. Mais, s'il s'agit d'agrandir plus particulièrement certaines sections du laboratoire, on adoptera de préférence un plan tel que celui du Centre de la recherche de Colombie britannique. De façon générale, ce sont les constructions d'un ou deux étages qui donnent le plus de facilités d'extension ou de modification.

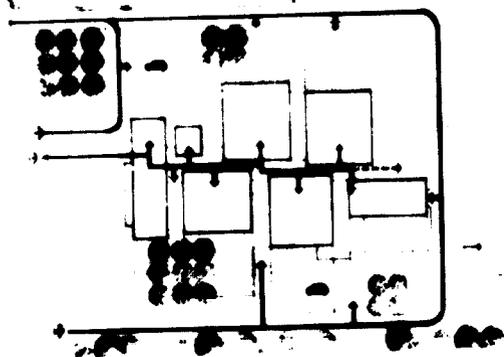


Figure III. Structure centrale et disposition des ailes dans le Centre de la recherche de Colombie britannique

### L'immeuble, abri protecteur et lieu clos

L'utilité première à laquelle répond l'immeuble est que les murs, la toiture et les fenêtres doivent non seulement servir d'abri effectif contre les éléments, mais constituer un lieu clos pouvant être modifié et entretenu sans difficultés excessives.

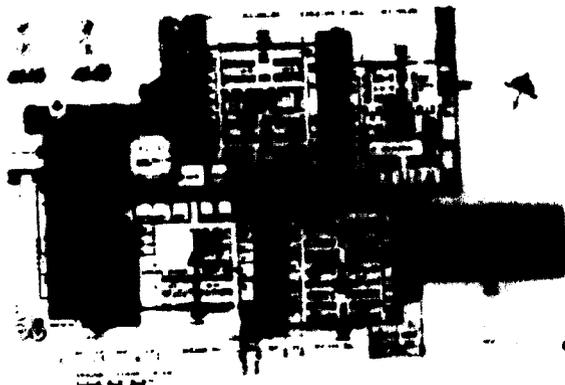


Figure IV. Quatre vastes laboratoires ouverts, au Centre de la recherche de Colombie britannique

De même que la prévision des programmes et des projets doit toujours être flexible et tenir compte des circonstances nouvelles, de même l'espace réservé aux laboratoires doit être adaptable. Sous sa forme la plus simple, le laboratoire peut être constitué par une seule salle de vastes dimensions, dans laquelle l'espace est divisé et aménagé en fonction des besoins. Les murs et les piliers doivent être placés de façon à gêner au minimum les modifications de cet aménagement (fig IV).

### Murs

Servant de barrière entre l'espace intérieur et l'espace extérieur tout en satisfaisant à un certain nombre de nécessités esthétiques et de conditions de résistance et d'entretien, le mur doit comprendre quatre éléments principaux: un élément structural servant de barrière atmosphérique, une membrane de protection contre la vapeur d'eau, un isolant contre la chaleur, et un revêtement extérieur anti-pluie (fig V). Des combinaisons de matériaux très différentes peuvent être employées pour les murs construits selon ce principe, et il suffira de respecter le principe de base pour obtenir des résultats satisfaisants. Plus la différence entre les milieux intérieurs et extérieurs sera accentuée — ou plus on aura besoin de contrôler l'atmosphère ambiante — et plus délicates seront la conception et la construction des murs extérieurs (fig VI et VII).

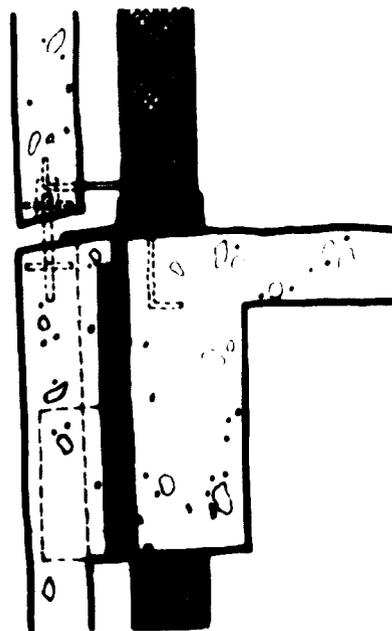


Figure V. Mur à quatre éléments

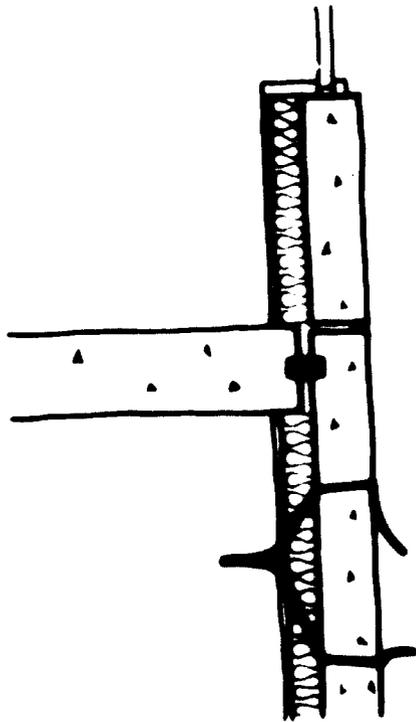


Figure VI. Coupe d'un mur à isolant intérieur

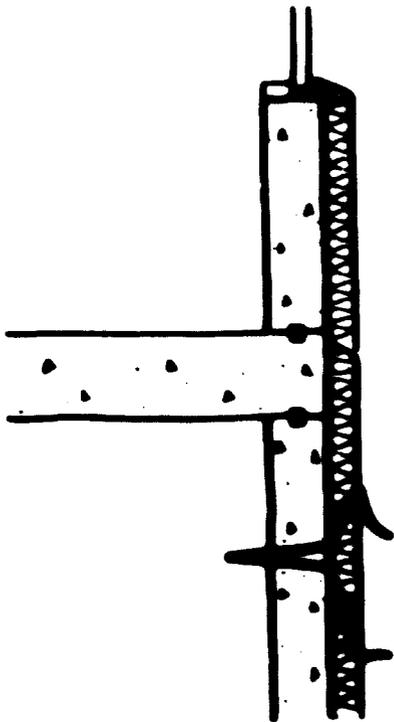


Figure VII. Coupe d'un mur à isolant extérieur

Les cloisons intérieures répondent à des nécessités différentes. Dans la plupart des laboratoires, la première de ces nécessités est de permettre ultérieurement un réaménagement de l'espace. Aussi les cloisons doivent-elles être conçues avec un minimum d'installations intégrées (elles comprennent des prises électriques, tuyaux d'eau, etc.) seront de préférence posées sur la surface. Il existe aujourd'hui toutes sortes de systèmes et de matériaux pour ces cloisons intérieures, depuis les cloisons assemblées à partir de matériaux conventionnels tels que le bois, le plâtre ou les briques (fig VIII) jusqu'aux panneaux préfabriqués qui peuvent être à colonne assemblés ou démontés pour être déplacés différemment. Au Centre de la recherche de Colombie britannique, ce sont des blocs de ciment ou de pierre poreuse de quatre pouces qui ont été choisis pour répondre aux critères de coût et de flexibilité. Les murs ainsi construits sont faciles à assembler et à démonter.

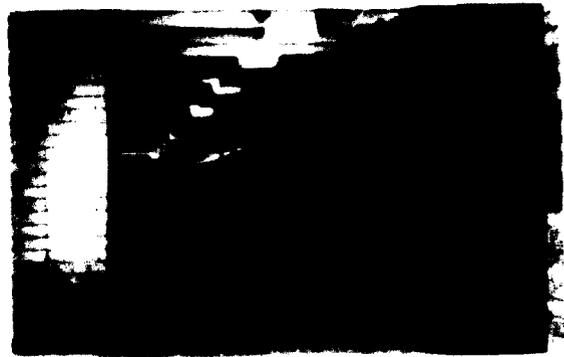


Figure VIII. Cloisons intérieures

Les possibilités de réaménagement des laboratoires sont beaucoup plus grandes si toutes les cloisons intérieures sont libres de charge. Une telle condition a évidemment des conséquences importantes sur la construction de l'immeuble tout entier. En réglant immédiatement ce problème, on a pu, dans le cas du Centre de la recherche de Colombie britannique, utiliser des matériaux plus légers, des systèmes de chauffage et de ventilation simplifiés, et prévoir le réaménagement de l'espace intérieur par le déplacement de toutes les structures ou presque, à l'exception de la toiture et des plafonds.

### Toiture

Le toit d'un immeuble, comme les murs extérieurs, a pour fonction de séparer le milieu intérieur du milieu extérieur. Comme il est généralement horizontal, il doit être beaucoup plus fortement protégé contre la pluie que les murs. En revanche, la protection contre l'air, la vapeur d'eau et la chaleur est du même ordre. Diverses techniques de toiture sont utilisées avec succès selon les climats, mais toutes sont à la merci d'une construction défectueuse ou d'une mauvaise compréhension des principes en cause.

La plupart des immeubles abritant des laboratoires sont revêtus de toits terrasses conventionnels. Une variante de ce système, le toit à double membrane, s'est révélée très efficace dans les climats froids comme celui du Canada (fig. IX).

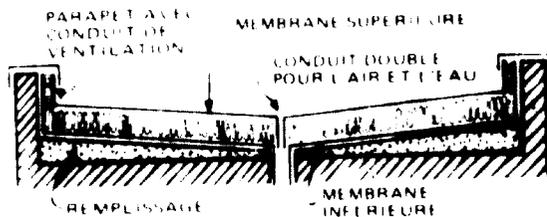


Figure IX. Vue en coupe de la toiture Bâtiment de l'Institut de recherche, Colombie britannique

Pour obtenir une toiture satisfaisante et n'entraînant que des frais d'entretien limités, l'essentiel, outre le choix du système de toiture, est sans doute le soin et le contrôle exercés pendant la construction de la membrane, ainsi que pendant l'installation et le calfeutrage des joints. Normalement, un toit n'a pas besoin d'un entretien constant.

### Portes et fenêtres

Les portes et fenêtres donnant sur l'extérieur risquent, si elles sont faites en bois, de causer toutes sortes de problèmes d'entretien. Les changements de température et les pénétrations de vapeur d'eau aggravent l'instabilité dimensionnelle propre au bois, tandis que les modifications du taux de vapeur d'eau rendent difficile l'entretien de la surface extérieure. Pour ces deux raisons, la préférence est donnée aux châssis de portes et de fenêtres en métal ou recouverts de métal. À l'intérieur du bâtiment, comme le vernissage ne pose pas de problèmes, ce sont généralement des portes en bois qui sont utilisées. Il n'y a en général aucune différence entre les milieux ambiants de chaque côté d'une cloison intérieure, et, par conséquent, l'entretien des surfaces et la stabilité dimensionnelle ne posent pas de problèmes. Une attention particulière doit être accordée aux portes des pièces ayant un usage particulier, telles que les pièces climatisées, les pièces à basse température ou réfrigérées.

### Surfaces intérieures et extérieures

Le terme "surface" ne désigne pas seulement les matériaux utilisés pour les surfaces exposées, tels que le plâtre, les briques, les carreaux en plastique ou le bois, mais aussi la couche extérieure apposée sur ces matériaux, y compris la peinture et le colorant. Toutes sortes de considérations techniques doivent donc être retenues dans le choix des surfaces. Et, là encore, ce choix doit être fait de façon à limiter au minimum les problèmes d'entretien, compte tenu de certaines nécessités esthétiques et financières.

Dans l'entretien de l'immeuble, les surfaces peuvent être un des éléments les plus coûteux en temps et en argent. Aussi les surfaces extérieures doivent-elles être choisies d'abord pour leur solidité et leur résistance aux effets de l'eau, de la vapeur d'eau, du soleil et des changements de température. Les matériaux tels que la brique cuite, le ciment et les métaux anticorrosifs ont une excellente résistance, tandis que le bois nu et les matériaux synthétiques, comme le plastique, en ont très peu (fig. X et XI).



Figure X. Surfaces extérieures de l'entrée du Centre



Figure XI. Surfaces extérieures près de l'entrée du Centre

Les surfaces intérieures doivent être choisies en fonction de l'usage réservé à chaque pièce. La qualité de la surface dans une pièce ouverte au public ou dans un bureau doit être supérieure à celle d'un laboratoire ou d'un atelier. Dans la construction du Centre de la recherche de Colombie britannique, trois sortes de surfaces ont été employées. La plus raffinée, retenue pour la bibliothèque et pour l'aile du bâtiment abritant les services administratifs, comprend des plafonds suspendus, des cloisons de plâtre peint et des panneaux en contreplaqué, les installations techniques y sont non apparentes. Puis viennent les laboratoires, avec des murs en blocs de pierre ponce et des installations techniques apparentes, tous les murs, piliers, poutres et plafonds en maçonnerie ou ciment y ont été peints. Dans l'aile réservée à l'administration comme dans les laboratoires le sol est recouvert d'un carrelage plastique à l'amiante (fig. XIII).



Figure XIII. Surface intérieure (bibliothèque)

Enfin viennent les magasins, ateliers, etc. Ici, les murs sont en parpaing et le sol en ciment. Les murs et les plafonds sont peints, le sol ne l'était pas à l'origine. Cependant, pour lutter contre la poussière, le sol des corridors, des magasins et des ateliers est graduellement couvert de peinture (fig. XIV).

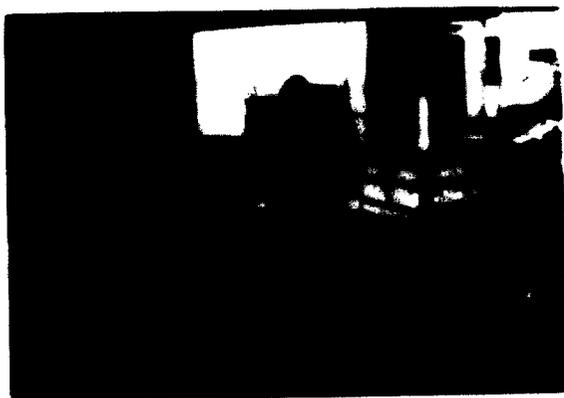


Figure XIV. Surface intérieure (salle d'exposition et escaliers)

Les matériaux des surfaces intérieures ne doivent pas être choisis uniquement en fonction de leur aspect esthétique et de l'usage des pièces en question, il faut aussi tenir compte des considérations telles que l'insonorisation et l'éclairage. C'est pourquoi au Centre de la recherche de Colombie britannique le sol est recouvert de carrelage ou de moquette, tandis que les plafonds et les murs sont peints de couleurs vives pour assurer un meilleur éclairage. En certains endroits, l'usage de plâtres ou de carrelages spéciaux contribue à amortir le bruit (fig. XIV).

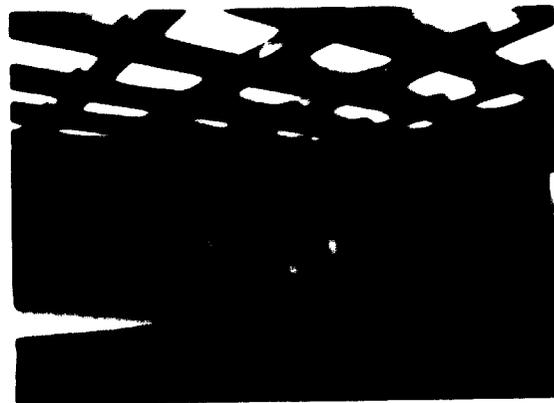


Figure XIV. Surface intérieure (hall d'entrée)

Il convient de ne pas attendre la fin de la construction pour choisir les matériaux. Les surfaces intérieures ou extérieures. Dès le début de l'établissement des plans, leurs qualités techniques doivent être retenues parmi les autres éléments pris en considération pour le dessin des murs, des plafonds et des sols. Ainsi l'on obtiendra au plus tôt, et au prix le plus bas, des surfaces correspondant à l'architecture choisie, assurant un contrôle satisfaisant du milieu ambiant et nécessitant un minimum d'entretien.

### Escaliers et ascenseurs

Les escaliers doivent être situés de façon à servir en tous cas de moyens d'accès et de sorties de secours conformément aux règlements en matière de protection contre l'incendie. Dans les immeubles de deux ou trois étages seulement, les escaliers sont généralement utilisés par le personnel pour se rendre d'un étage à l'autre. Ils doivent être convenablement éclairés et les marches doivent être recouvertes d'antiderapants aussi résistants que possible. Lorsqu'un laboratoire occupe plusieurs étages, il est indispensable d'installer des moyens de transport automatiques, par exemple un simple monte-charge.

## Sécurité

Les travaux de recherche-développement industriel sont parfois dangereux, et il faut en tenir compte au stade de la construction. Le danger le plus fréquent est l'incendie, mais la plupart des règlements en matière de construction prévoient aussi la protection du personnel et la préservation de l'immeuble. Dans certains endroits, l'installation de systèmes d'aspersion s'impose, ailleurs des lances d'incendie ou des extincteurs portatifs suffiront. Le plus souvent, dans les laboratoires utilisant des produits chimiques inflammables, on prévoit des extincteurs portatifs placés à intervalles réguliers. Les endroits particulièrement exposés aux risques d'incendie, comme la chambre de chauffe ou la salle du transformateur, doivent être séparés du reste de l'immeuble par un mur antifeu.

De façon générale, prévoir tous les dangers possibles serait à la fois coûteux et inutile. Au moment de l'établissement des plans du Centre de la recherche de Colombie britannique, il a été décidé qu'au lieu d'essayer de prévoir tous ces dangers, on s'efforcera de construire un immeuble capable de résister aux plus probables incendie, explosion, fuites de gaz délétère, etc. En outre, au lieu de laisser croire que l'immeuble fournissait une protection absolue contre ces dangers, on a précisé aux responsables du projet que c'était eux qui étaient principalement chargés d'évaluer les dangers de chaque activité de recherche et de prévoir les mesures nécessaires à la protection du personnel et du matériel. C'est pour cette raison, par exemple, que les murs spéciaux anti-explosion n'ont pas été retenus dans les plans de l'immeuble : les travaux exigeant ce type de protection, a-t-on décidé, ne seraient pas exécutés à l'intérieur de l'immeuble sans que des mesures particulières soient prises. En outre, on a prévu une salle spéciale hors du laboratoire proprement dit, pour procéder aux expériences les plus périlleuses.

L'emmagasinement de grandes quantités de produits chimiques inflammables est toujours un problème. La difficulté est résolue au moyen d'entrepôts extérieurs et par des règlements ne permettant de prendre chaque fois dans les entrepôts qu'une quantité limitée de chacun des produits en question.

## Décoration

La décoration intérieure et extérieure d'un bâtiment, y compris les espaces verts, peut avoir une grande influence sur l'atmosphère de travail. Ceci est particulièrement vrai dans les laboratoires, où un environnement favorable à l'effort augmente le rendement créateur des groupes de recherche-développement (fig. XV). À l'extérieur, l'aspect du bâtiment peut être mis en valeur par un choix judicieux de matériaux, de matières et de couleurs, ainsi que par des espaces verts agencés de façon à conduire tout naturellement le regard vers l'entrée de l'immeuble et, au contraire, à dissimuler les



Figure XV. Plan des espaces verts

installations telles que les parcs de stationnement et les plates-formes d'expédition et de réception. Comme le Centre de la recherche de Colombie britannique se trouve sur le terrain de l'université du même nom, il a sans doute été particulièrement facile de lui donner un aspect plaisant. Les espaces verts montrés dans les illustrations sont maintenant installés depuis quatre ans environ; on peut voir comment ils encadrent les immeubles et dissimulent les parcs de stationnement (fig. XVI, XVII et XVIII).



Figure XVI. Espace vert précédant l'entrée



Figure XVII. Parc de stationnement dissimulé



## Exemple n° 2 :

# Le Centre national brésilien de métrologie

par Fabio Becker et Luiz Eduardo Indio da Costa

**L**a métrologie est un des outils indispensables à tout pays qui s'efforce d'atteindre son plein développement. Tel est le cas du Brésil, dont le rythme de développement reste l'un des plus élevés du monde, et dont le taux de croissance annuel du produit national brut (PNB) a atteint respectivement 9,3 %, 9,0 %, 9,5 %, 11,3 %, 10,4 % et 11,4 % pendant la période 1968-1973.

La phase actuelle du développement du pays se caractérise par une augmentation sensible des besoins dans les domaines scientifique et technologique. Dans ces conditions, il est normal que les pouvoirs publics envisagent de se doter rapidement de moyens suffisants dans le domaine de la métrologie en vue d'uniformiser les normes et les systèmes de mesure, de veiller au respect de la législation sur l'étalonnage, de consolider les bases de la recherche scientifique et d'élargir la sphère d'influence de la technologie. À cette fin, une action et une vigilance suivies et effectives sont nécessaires pour tirer le meilleur parti des occasions qui se présentent de contribuer au développement de la science, de la technologie, de l'industrie et du commerce.

La métrologie est présente dans toutes les activités humaines. Elle ne se résume pas au contrôle des poids et des mesures, mais touche à des questions telles que la commercialisation, la mise au point et la qualité des produits. Elle est étroitement liée à la normalisation, au contrôle de la qualité et aux marques de garantie, qui forment un tout. C'est dans ces conditions que l'Institut national des poids et mesures (INPM), qui dépend du Ministère de l'industrie et du commerce, a décidé, compte tenu du rythme de développement du Brésil qui est comparable à celui des pays développés, d'agrandir et de moderniser ses installations et ses laboratoires et de s'attacher un personnel qualifié afin de s'acquitter de ses nouvelles responsabilités dans le domaine de la normalisation et du contrôle de la qualité des produits industriels.

*Les auteurs sont des consultants de la société Serviços de Planejamento dont le siège est à Rio de Janeiro (Brésil). Le présent article a été initialement publié comme document de l'ONU/DI sous la cote ID/WG.181/8.*

Un contrat a été passé avec la firme Serviços de Planejamento conformément aux procédures prévues par la législation brésilienne sur les marchés publics pour la réalisation des études et des travaux préparatoires nécessaires à la création d'un centre national de métrologie. Un terrain de 1,8 million de mètres carrés, situé à 23 kilomètres de Rio de Janeiro a été fourni pour le projet.

Il a suffi d'un an pour faire les études nécessaires, élaborer le projet et rédiger un texte de loi portant création du centre en tant qu'organisme public (autarque). Ce projet de loi qui prévoyait que le centre serait financièrement autonome et jouirait d'une certaine latitude administrative a été approuvé par le Parlement.

La mise en place d'un centre national de métrologie est une tâche difficile pour le gouvernement d'un pays en développement, non seulement parce que les activités d'un tel centre doivent s'étendre à l'ensemble du pays, mais aussi parce qu'un projet de ce genre nécessite des laboratoires centraux et régionaux disposant de tout le matériel scientifique et technique nécessaire ainsi qu'un personnel hautement qualifié, dont la formation représente un gros investissement. Les capitaux investis ne deviennent rentables qu'à long terme, étant donné que les frais de fonctionnement et d'entretien sont si élevés que les recettes ne permettent pas de les amortir dans des délais normaux. Une bonne part des bénéfices procurés par les capitaux investis sont indirects, et donc difficiles à identifier. Un autre élément important dont il convient de tenir compte est que, dans les pays où les techniques évoluent rapidement, les activités industrielles s'étendent de façon constante, si bien que les laboratoires doivent, pour pouvoir suivre le rythme rapide de l'innovation, se développer eux aussi continuellement, ce qui est incompatible avec la recherche du profit qui est le but des organismes privés de ce genre. Enfin, et cela mérite d'être souligné, un centre de métrologie comme celui du Brésil, loin de se borner au domaine traditionnel de la métrologie légale, fait une large place à la recherche-développement et à la coordination de la normalisation et du contrôle de la qualité pour les produits destinés non seulement au marché intérieur, mais également aux marchés internationaux hautement concurrentiels.

## Planification

Plus tard, la planification du centre de métrologie présente dans l'Etat du groupe B, le développement économique et particulièrement les problèmes posés par les centres, sont généralement nouveaux pour eux-mêmes, dans certains domaines et l'essouffement et l'évident besoin des innovations techniques contemporaines. Le même genre de difficultés se présente lorsqu'on étudie les dessins d'architecture et les plans. L'ensemble d'un centre de ce genre est fait de nombreuses diversités de pratiques et des formes possibles de fournir la plupart des services fournis par les laboratoires et de leurs fonctions, surtout lorsqu'il s'agit de déterminer l'ensemble d'une unité de style, tout en essayant de déterminer des éléments qui composent l'organisation exigée par ses fonctions particulières.

Le meilleur projet sera finalement le passé, car il n'a même d'avoir été exécuté, il faudra donc le modifier constamment pour l'adapter aux conditions changeantes résultant du progrès scientifique, technique, économique, social et politique. Le projet doit être fondé sur les besoins réels, tout en anticipant sur leur évolution probable dans le proche avenir, et être assez souple pour répondre aux besoins du personnel qui change constamment. Il serait donc aussi absurde de créer un centre de métrologie calqué sur ceux qui existent dans les pays les plus développés que de se satisfaire d'un centre très rudimentaire.

Il faut aussi tenir compte des principales caractéristiques du développement du pays dans l'établissement du projet, afin de mettre au point des solutions compatibles avec le stade de développement économique et culturel qu'a atteint la nation.

On dit souvent qu'il suffit d'observer le fonctionnement des centres de métrologie des pays les plus avancés pour recueillir les données suffisantes à la création d'un projet adapté aux conditions locales. Or ce n'est pas ce que l'on a constaté dans le cas du projet brésilien.

Il n'existe pas de règle valable dans tous les cas pour la planification et la conception des centres de métrologie. Dans bien des cas, même les centres les plus récents réunissent des caractéristiques très modernes et d'autres qui sont peu originales, voire dépassées. Ils ont été conçus pour la plupart en fonction du stade de développement industriel atteint à l'époque, et du personnel hautement qualifié disponible dans certains domaines. C'est, en fait, dans les pays où les laboratoires sont insuffisants qu'il est le plus facile d'appliquer directement les solutions les plus avancées pour les agrandir et les moderniser, en l'absence de traditions établies.

## Méthodologie

Pour la création du centre national brésilien de métrologie, il a été jugé souhaitable de répartir toutes les

études de planification en deux groupes, A et B, en fonction de la nature des problèmes à résoudre. Le groupe A a été chargé de l'étude de la demande potentielle du pays dans le domaine des services de métrologie, et le groupe B de l'étude de la nature des besoins et de leur volume.

### Groupe A. Questions de fond

Le groupe A a étudié les questions de fond

relatives à la question de savoir si la création d'un centre national de métrologie était justifiée.

Les études de ce genre ont été effectuées dans les pays les plus développés, dans le but de déterminer les besoins techniques découlant du développement du pays. Les données de ce genre ont été fournies par le groupe A, à l'exception de quelques données relatives à la demande potentielle du pays dans le domaine des services de métrologie, étude dont les résultats, associés à ceux des études du groupe B, ont permis de déterminer l'importance à donner aux différents laboratoires, du moins dans les cas où les renseignements recueillis ne portaient pas seulement sur la nature des besoins, mais aussi sur leur volume.

Les synthèses générales des études de ce genre ont été approximativement validées par les données recueillies par le groupe B, en ce qui concerne la demande potentielle du pays.

Pour une entreprise ne possédant pas de personnel pluridisciplinaire, il est impossible de réaliser les études, des rapports pertinents sur les différents groupes de questions qui ont été soumis, mais il a été possible d'établir

la méthode suivie pour l'exécution du projet, la caractériser selon son origine, par la répartition des études en deux groupes. Lorsque les études du groupe B ont approché de leur terme, les éléments nécessaires pour les études techniques et les dessins d'architecture préliminaires ont été fournis par celles du groupe A. Les plans d'aménagement et les dessins d'architecture préliminaires ont été examinés conjointement par les trois équipes, ce qui a permis de réaliser les projets conformément aux spécifications et aux budgets prévus pour chacun des groupes.

### Groupe A

Les études du groupe A avaient pour principal objet de maximiser les capacités fonctionnelles du centre de métrologie, de façon qu'il puisse répondre aux besoins techniques découlant du développement du pays. A cette fin, il a fallu d'abord analyser l'ensemble de la législation pertinente, y compris ses bases constitutionnelles et les conséquences légales et réglementaires qu'elles impliquaient. Dans le même temps, on a effectué une étude sur la demande potentielle du pays dans le domaine des services de métrologie, étude dont les résultats, associés à ceux des études du groupe B, ont permis de déterminer l'importance à donner aux différents laboratoires, du moins dans les cas où les renseignements recueillis ne portaient pas seulement sur la nature des besoins, mais aussi sur leur volume.

Au cas où l'on jugerait nécessaire de reorganiser ou de moderniser le centre de métrologie, ou encore d'en

créer un nouveau, c'est à l'équipe chargée des études du groupe A qu'il incomberait de faire les recommandations nécessaires à la mise au point de la politique nationale dans le domaine de la métrologie. Le fait qu'on ait inclus ces questions de la normalisation, des certificats de garantie et du contrôle de la qualité dans ces études s'est révélé de la plus haute importance.

L'équipe chargée de ces questions a achevé ses travaux par des études sur la création de centres spéciaux pour le maintien des données, le développement des ressources humaines et la diffusion d'informations métrologiques, ainsi que par l'établissement d'un programme économique financier pour le centre.

Les renseignements recueillis au cours de ces études ont incité le gouvernement à approuver la création d'un nouvel organisme fédéral, l'Institut national de métrologie de normalisation et de contrôle de la qualité (INMETRO), et celle d'un Conseil national de métrologie de normalisation et de contrôle de la qualité (CONMETRO) dépendant du Ministère de l'Industrie et du Commerce.

### Groupe B

Dans la plupart des pays, les centres de métrologie se sont constitués par agrandissements successifs, alors qu'au Brésil il était indispensable d'établir, en très peu de temps, un projet complet.

L'un des principaux objectifs des études du groupe B était d'établir pour les laboratoires des spécifications à court, moyen et long terme, compte tenu du rythme du développement scientifique, technologique et industriel du pays. (La simple création d'un centre de métrologie moderne et efficace stimule la demande de services indispensables au développement scientifique et technique du pays.)

On avait implicitement accepté l'idée que les diverses options ou solutions possibles ne pouvaient pas être réduites à un choix unique. Cependant, ceci contredisait l'idée de départ. Les laboratoires de métrologie à l'étranger offraient des exemples clairs et instructifs à cet égard. Aucun d'entre eux ne pouvait être considéré comme parfait, mais tous fonctionnaient de façon satisfaisante malgré leurs différences de structure. L'expérience des autres pays a donc incontestablement facilité le choix des types de laboratoires qui convenaient le mieux au Brésil.

Pour le choix de ceux-ci, on s'est fondé, d'une part, sur une série de critères scientifiques clairs et précis et, de l'autre, sur l'évaluation de la demande apparente et potentielle à court, moyen et long terme de services dans le domaine de la métrologie.

Étant donné qu'on n'était pas tenu de suivre un schéma rigide pour la mise au point du projet et qu'il avait été décidé au départ d'établir un plan global répondant aux besoins des diverses régions du Brésil, on a pu adopter des critères généraux et souples pour l'organisation des laboratoires en sections homogènes,

suivant les techniques utilisées ou les principaux types de connaissances scientifiques nécessaires.

Un autre critère très important sur lequel on s'est fondé est celui des relations entre les différents laboratoires, c'est-à-dire de leurs intérêts ou besoins communs, notamment en ce qui concerne le matériel afin de réduire les frais de premier établissement et de déterminer quels laboratoires devaient être indépendants des autres pour des raisons techniques.

Le groupe B était également chargé de déterminer les objectifs, les fonctions et les activités de chaque laboratoire, leur aménagement, leur environnement physique, leurs besoins estimatifs en personnel et tous les autres éléments nécessaires à leur fonctionnement, y compris les méthodes de mesure, les techniques et les équipements spéciaux requis.

### Groupe C

L'équipe chargée des études techniques (groupe C) devait choisir l'emplacement du centre et de ses divers éléments, effectuer une étude géologique et climatique et étudier la question des réseaux d'adduction d'eau, de drainage et d'égouts.

Au cours de l'étude d'implantation, on a déterminé provisoirement les groupes d'activité qui, par leurs caractéristiques, devaient répondre à certaines exigences en matière de localisation et d'espace, en accordant une attention toute particulière aux accès, aux services auxiliaires et aux laboratoires.

On s'est efforcé d'aménager les abords et les espaces verts de façon à donner à l'emplacement l'atmosphère et le caractère d'un campus et d'améliorer les conditions de travail et, par conséquent, la productivité du personnel du centre.

L'application du système modulaire pour l'établissement des dessins d'architecture a permis d'assurer aux laboratoires les meilleures conditions de fonctionnement possibles et de réduire le montant final des investissements. Deux modules standard ont été adoptés, l'un pour les laboratoires d'électricité et de mesure des températures, l'autre pour ceux de mécanique et d'optique.

Le programme de travail de l'équipe C était le suivant :

- Étudier l'emplacement choisi pour le centre;
- Rassembler des données pour les études techniques (topographie du terrain, sols, réseaux d'adduction d'eau, de drainage, d'égouts et d'alimentation en électricité, bruits et vibrations);
- Veiller à ce que le centre s'harmonise avec le site;
- Visiter des laboratoires nationaux et étrangers, en service ou en construction, et en étudier le fonctionnement du point de vue technique;
- Faire une analyse préliminaire des études et conclusions des groupes A et B;
- Établir le programme général d'aménagement et de construction;

Établir un avant-projet d'aménagement  
 Établir des avant-projets architecturaux pour les laboratoires  
 Revoy l'avant-projet d'aménagement  
 Examiner les rapports partiels sur les études du groupe B.  
 Consulter des spécialistes locaux de la climatisation, des communications, de la prévention des incendies et de l'éclairage.  
 Établir des dessins d'architecture pour les bâtiments destinés à abriter les services auxiliaires et les laboratoires  
 Établir des plans d'aménagement des bâtiments et des abords.  
 Évaluer le coût des travaux.  
 Établir un cahier des charges et des normes techniques pour l'exécution du projet.  
 Examiner les projets techniques, les dessins d'architecture et les plans d'aménagement définitifs.  
 Établir les budgets.

La figure de la page suivante représente le diagramme sur lequel on s'est fondé pour l'établissement du projet général relatif au centre national de métrologie.

### Utilisation du savoir-faire étranger

L'INPM a décidé de lancer un appel d'offres pour le choix des consultants en permettant aux firmes étrangères de présenter des soumissions en consortium avec des entreprises locales. Le but recherché était de tirer parti de l'expérience des sociétés étrangères, compte tenu de la difficulté qu'il y aurait à exécuter le projet en employant uniquement les ressources limitées de l'INPM et du manque d'expérience des firmes locales. Après avoir étudié le cahier des charges, la société Serviços de Planejamento a formulé une proposition initiale sur laquelle on s'est fondé pour l'ensemble du projet. Cette proposition portait principalement sur la meilleure façon de mettre à profit les connaissances spécialisées des sociétés étrangères. La création d'un consortium avec des firmes étrangères présentait cependant un grave inconvénient, à savoir que les conditions prévalant au Brésil ne se prêtaient pas aux méthodes et aux solutions que ces firmes emploient habituellement dans leur pays. En outre, le Brésil possède des connaissances techniques et architecturales avancées qu'on désirait mettre à profit pour le projet.

On a résolu le problème en invitant les chercheurs et les techniciens étrangers spécialisés dans la métrologie à participer au projet. Ces spécialistes étrangers ont travaillé avec leurs homologues brésiliens. On a ainsi évité les inconvénients, tant techniques qu'économiques, qu'aurait eu une simple adaptation aux expériences étrangères.

La prise en considération de l'expérience des autres pays, la compétence indéniable des consultants étrangers, la participation active des techniciens brésiliens et

les renseignements fournis par l'étude des laboratoires nationaux et étrangers ont garanti l'objectivité de l'ensemble du projet.

### Ressources humaines

Parmi les éléments les plus importants de la création d'un centre national de métrologie dans un pays en développement figurent le recrutement et la formation du personnel nécessaire.

Le nombre de spécialistes disponibles à l'époque étant limité, l'INPM a lancé en 1972 un projet destiné à en former un nombre suffisant. La pénurie de personnel qualifié tenait principalement à la modicité des salaires dans la fonction publique. Le projet consistait en des cours de métrologie de 12 mois, suivis par un stage de durée égale dans un laboratoire de métrologie à l'étranger. À cette fin, des bourses ont été octroyées à l'INPM par l'ONU, la France et la République fédérale d'Allemagne.

Une formation spéciale a été assurée par les méthodes suivantes:

- Personnel de haut niveau (titulaires de diplômes de maîtrise et de doctorats).
- Personnel de niveau universitaire (cours spéciaux de métrologie à l'intention d'étudiants en ingénierie physique et chimie).
- Personnel de niveau intermédiaire (formation à la métrologie légale et appliquée).
- Assistants (formation à la métrologie et à l'étalonnage, notamment dans les entreprises).

Pour les cours de haut niveau et de niveau universitaire, on a sélectionné de jeunes diplômés de l'université, et, pour les cours de niveau intermédiaire et du niveau d'assistant, des élèves d'établissements de second degré. On a également pris en considération les candidatures présentées par les entreprises désireuses de former ou de perfectionner leur personnel technique.

L'organisme de l'Université fédérale de Rio de Janeiro chargé de la coordination des programmes postuniversitaires d'ingénierie a accepté de délivrer un diplôme officiel aux boursiers ayant suivi ces cours spéciaux.

La formation du personnel administratif et de bureau est en cours. Cette politique de formation du personnel aux différents niveaux et dans les diverses branches de la métrologie est étroitement liée à l'effort de développement scientifique et technique déployé actuellement dans le pays.

Pour promouvoir les échanges scientifiques, on prévoit de s'assurer la collaboration de spécialistes étrangers, de prendre contact avec des organismes internationaux s'occupant de métrologie, et d'envoyer des spécialistes brésiliens à l'étranger pour suivre des stages ou pour participer à des programmes analogues à ceux qui sont exécutés au Brésil.



## Etude de marché concernant les services de métrologie appliquée

L'élément le plus dynamique mis en évidence par l'analyse des problèmes de métrologie au Brésil est le volume de la demande de services dans ce domaine émanant des industries qui emploient des techniques de pointe. Dans le passé, l'indifférence voire l'opposition des milieux d'affaires aux innovations impliquant des frais et des contrôles pouvant être considérés comme une attitude de refus devant la modernisation de l'industrie. On a donc jugé souhaitable d'étudier quelle serait l'attitude des entreprises les plus représentatives du pays (entreprises contrôlées par l'Etat, entreprises privées à participation étrangère majoritaire, entreprises privées nationales) à l'égard de la nouvelle phase dans laquelle entrerait le système national de poids et mesures.

On a estimé que les activités portant sur la métrologie fondamentale (auxquelles une partie des capitaux investis dans le centre a été consacrée) devraient être complétées par des demandes concrètes de services pour l'étalonnage d'instruments complexes et pas seulement par des travaux élémentaires de contrôle des poids et mesures pour des raisons fiscales.

On a donc fait une enquête sur le terrain pour connaître l'avis de plusieurs centaines d'entrepreneurs et de techniciens au sujet de la fourniture systématique de services dans ce domaine.

Cette enquête avait aussi les objectifs suivants:

- Déterminer la structure de la demande de l'industrie et des activités connexes, par secteur.
- Déterminer quelle devrait être la qualité des services rendus, en précisant les diverses catégories de services à fournir et les différents types de matériel devant être étalonnés.
- Recueillir des renseignements d'ordre technique et économique sur les entreprises clientes, en vue de les comparer avec la demande de services dans le domaine de la métrologie.
- Évaluer, si possible, la demande de chaque secteur industriel afin de justifier le choix et les dimensions des laboratoires techniques et scientifiques formant le centre national de métrologie.

Parallèlement à cette étude de marché, qui portait sur 600 entreprises industrielles environ, des contacts officieux ont été pris avec un grand nombre de chercheurs, de professeurs et de fonctionnaires s'occupant de technologie. Tous ont donné leur avis et présenté des suggestions sur l'application d'une politique de développement technologique dans les domaines de la métrologie, du contrôle de la qualité et de la normalisation. Les résultats de ces enquêtes ont confirmé le bien-fondé de la méthode adoptée.

Malgré le caractère limité de l'initiative officielle et le manque de contacts entre les fournisseurs et les clients, on a pu déterminer les principaux types de services nécessaires et la fréquence des opérations d'étalonnage (qui dépend très souvent de la technique employée) et l'on a constaté le profond intérêt que les clients potentiels portaient à l'organisation de ce nouveau marché. En outre, on a constaté que de nombreuses entreprises, entretenant des installations coûteuses pour le calibrage des instruments ou ce qui est encore plus grave, étaient obligées de demander les services nécessaires dans les pays d'ou provenait le matériel.

Toutefois, le principal résultat de cette enquête a été l'établissement d'un registre technique des éléments générateurs de la demande, à savoir les instruments qui doivent être étalonnés régulièrement.

Ce registre sera tenu à jour grâce à des contacts directs et systématiques avec certains des entreprises industrielles sélectionnées.

## Coûts et projections

Le projet brésilien pour son premier plan quinquennal suivant a les chiffres suivants:

	Milliards de réals (1964)	Milliards de dollars (1964)
Superficie totale	7 000	
Superficie aménagée	500	
Superficie occupée par les constructions	47	
Superficie occupée par les laboratoires	5	
Investissements prévus		
Travaux de construction		17
Matériel et instruments		10
Divers		1
Personnel prévu pour la première phase du projet		1 000
Techniciens et chercheurs		150
Autres catégories de personnel		850

Les activités du centre porteront sur la métrologie fondamentale (ou scientifique), la métrologie légale, la métrologie appliquée (ou industrielle) et la normalisation.

**Métrologie fondamentale.** L'approbation des programmes et l'estimation des crédits nécessaires incomberont au gouvernement, le coût des services fournis devant être imputé sur le budget de l'Etat.

**Métrologie légale.** Les clients seront les industriels qui sont tenus de faire étalonner leur matériel ou de contrôler leurs produits, contre rétribution. Les services fournis dans ce domaine devraient procurer des bénéfices appréciables.

*Méthodologie appliquée.* La demande de ce type de services sera stimulée par des mesures visant à promouvoir le développement technologique. Une part importante de ces services sera fournie par d'autres laboratoires officiels.

*Normalisation.* Peu coûteuses, les activités dans ce domaine joueraient cependant un rôle important, car elles répondent aux besoins de très nombreux secteurs industriels qui sont actuellement privés de l'appui nécessaire à cet égard.

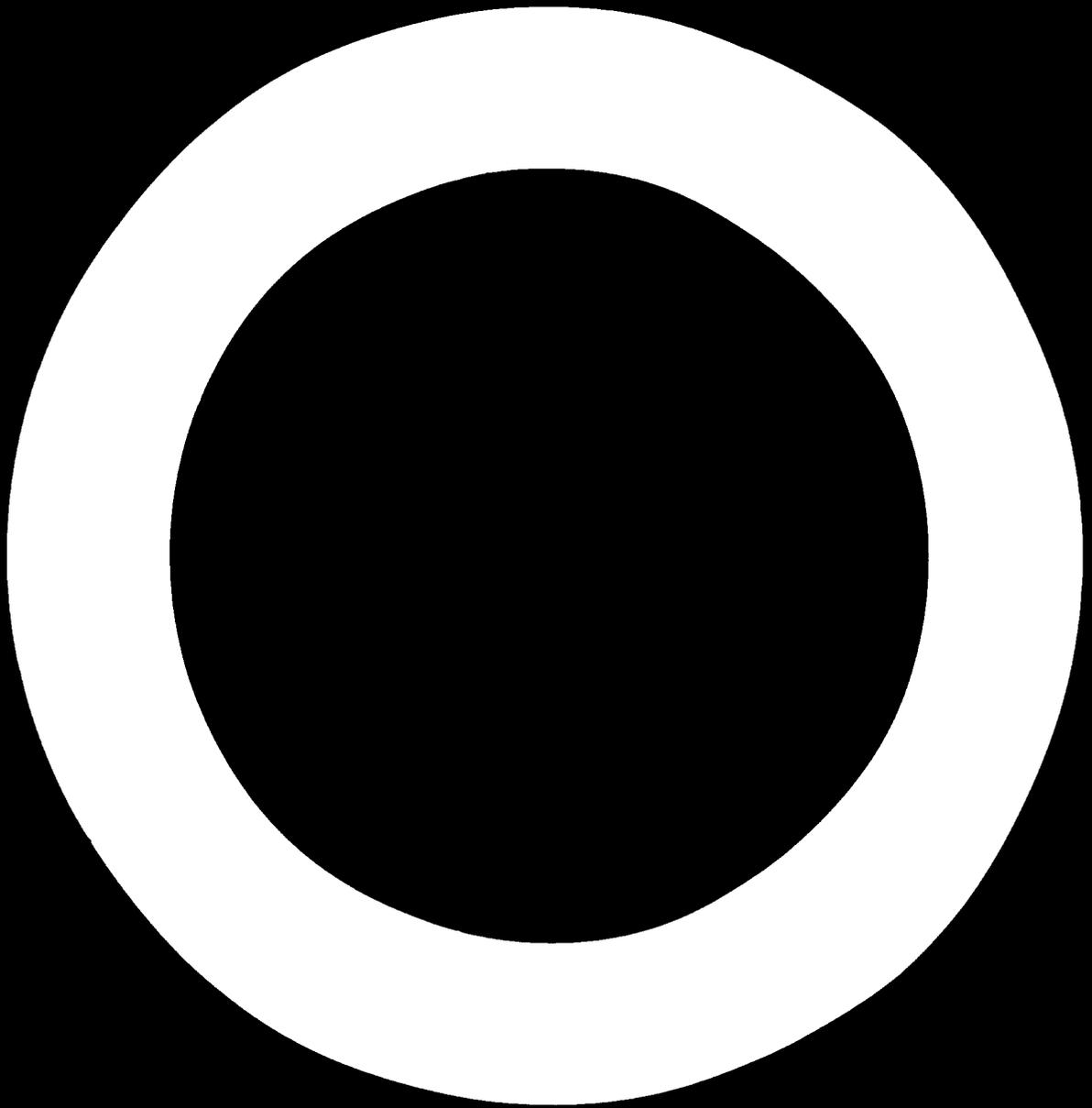
Dans chacun de ces secteurs, des activités et des procédures différentes seraient nécessaires pour évaluer et satisfaire la demande. Ici, tout est que l'on puisse considérer la demande comme un simple besoin ou comme une conséquence des conditions imposées par le loi. En raisonnant par analogie, il n'est pas difficile de déterminer les responsables et les bénéficiaires directs; les décisions qui impliquent des choix en ce qui concerne l'utilisation des ressources humaines et matérielles de l'officier technique.

## Structure commerciale

Il est toujours indispensable d'adopter pour le même organisme un modèle de gestion fondé sur la rentabilité. Pour prendre une décision, on s'est basé sur la nécessité de vérifier que chaque catégorie d'activité procure des bénéfices directs ou indirects et sur une évaluation approfondie des structures légales et administratives choisies.

Le système d'administration adopté obligera à calculer et à contrôler le coût de chaque activité ou projet dans chaque secteur et à établir périodiquement un budget d'exploitation faisant ressortir les transferts internes entre les secteurs pour combler les déficits. Le centre disposera toujours de fonds sous la forme soit d'allocations du gouvernement, soit de bénéfices tirés d'autres activités pour financer le coût d'une activité donnée, ce qui lui permettra d'échapper à l'obligation de faire payer d'avance les frais encourus pour un travail donné.





*Le Bulletin de la recherche et du développement industriels traite des progrès techniques et stratégiques. Les articles d'Amérique et d'Europe sont publiés en anglais, les autres dans la langue originale.*

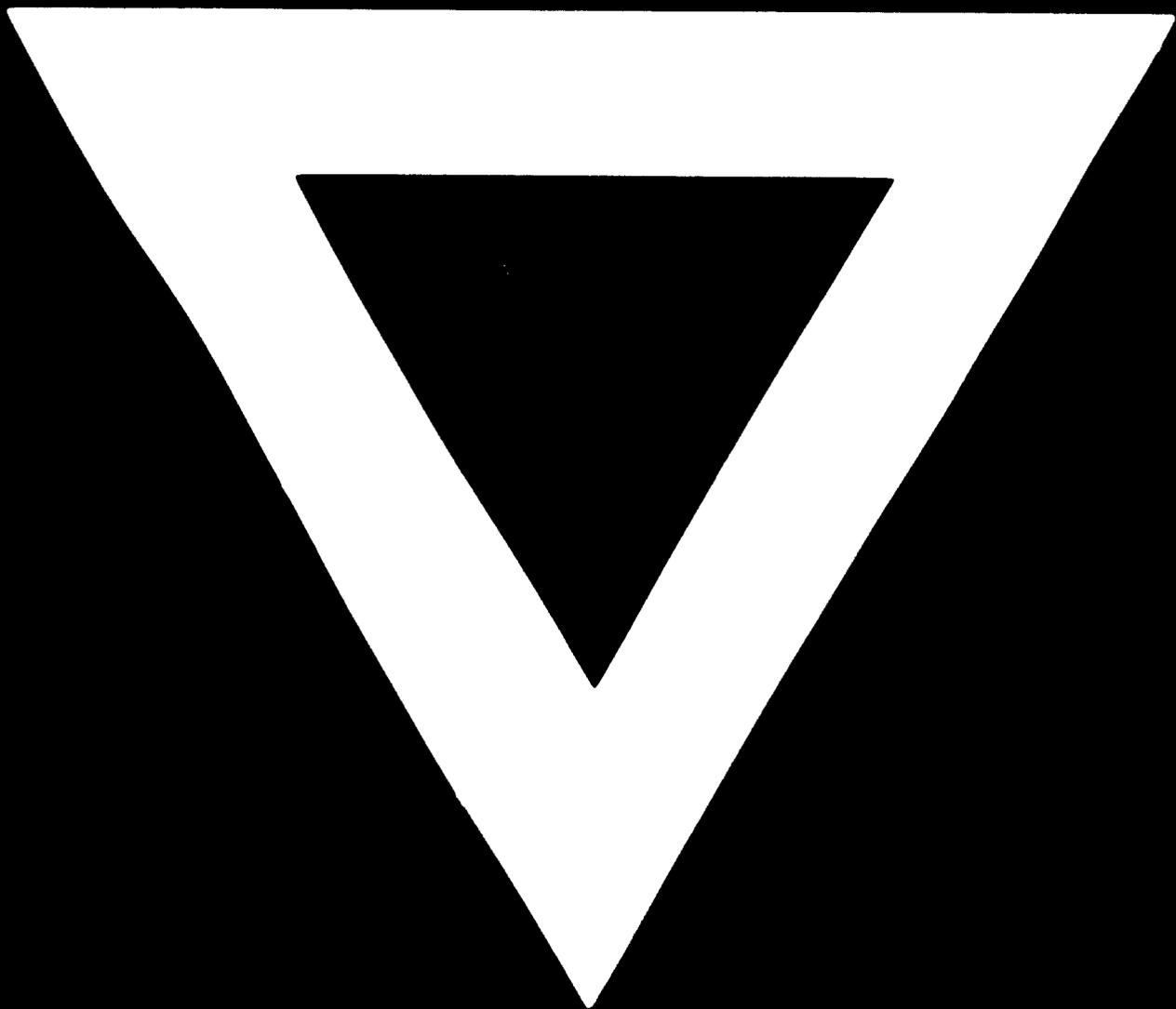
Publications des Nations Unies  
Palais des Nations  
CH-1211 Genève 10  
(Suisse)

*Les personnes résidant dans les autres parties du monde doivent s'adresser à*

Publications des Nations Unies  
UN 2300  
New York, New York 10017  
Etats-Unis d'Amérique

*Les articles soumis pour publication, les observations sur la documentation publiée et les suggestions concernant les sujets à traiter doivent être envoyés à l'adresse suivante*

**Rédacteur en chef**  
**du Bulletin de la recherche et du développement industriels**  
Organisation des Nations Unies pour le développement industriel  
Boîte postale 707  
A-1011 Vienne  
(Autriche)



**76.07.01**