

# Le Laboratoire secondaire d'étalonnage pour la dosimétrie de l'Inde: son développement et ses activités

---

par G. Subrahmanian

Lors du colloque de l'Agence internationale de l'énergie atomique sur la normalisation nationale et internationale de la radiodosimétrie, qui s'est tenu à Atlanta du 5 au 9 décembre 1977, il a été reconnu que les établissements faisant partie du réseau AIEA/OMS de laboratoires secondaires d'étalonnage pour la dosimétrie (LSED) remplissaient des fonctions nécessaires et bien définies. Le chaînon qu'ils constituent entre les laboratoires primaires d'étalonnage et les utilisateurs de rayonnements est un élément particulièrement précieux sur le plan de la normalisation en métrologie.

Plusieurs LSED sont solidement établis de par le monde et ont mis en œuvre des programmes nationaux et régionaux de comparaison des doses, selon les recommandations de l'AIEA. Dans le présent article, on décrira dans leurs grandes lignes le développement et les activités du LSED indien, dont un programme de comparaison des doses a permis de réaliser d'importants progrès en dosimétrie clinique.

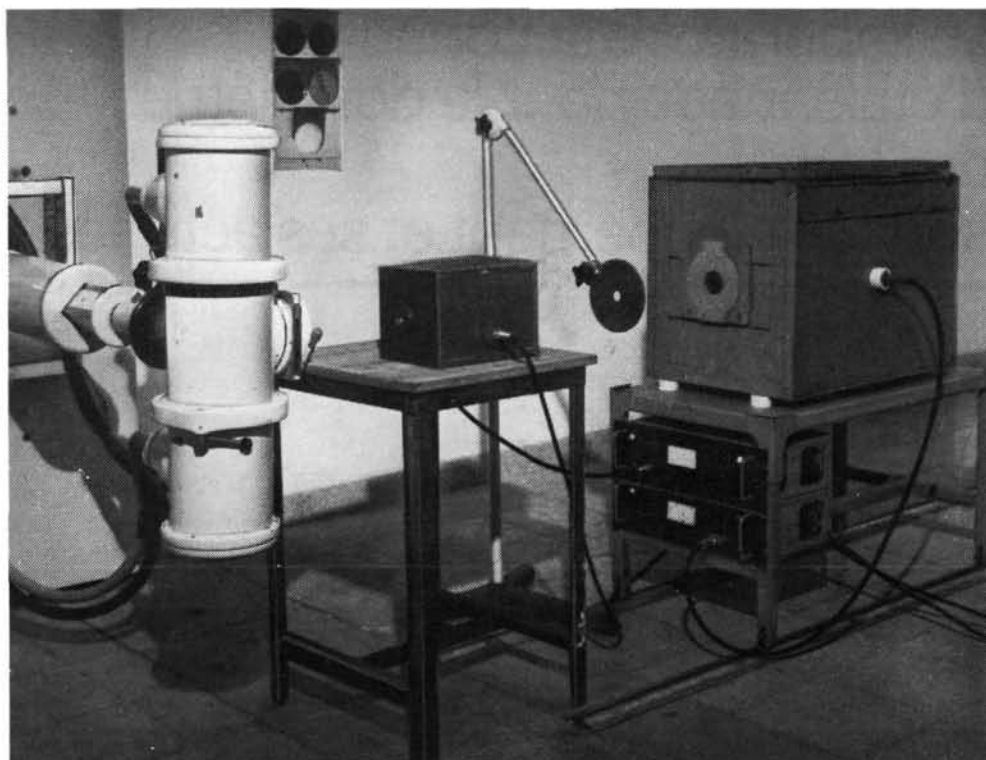
## QU'EST-CE QU'UN LSED?

Sous les auspices de l'Organisation mondiale de la santé et en collaboration avec l'Agence internationale de l'énergie atomique, un groupe d'experts s'est réuni à Genève en novembre 1968 pour étudier dans quelle mesure il était nécessaire et de quelle manière on pouvait améliorer à l'échelle mondiale la radiodosimétrie, en particulier pour les besoins de la radiothérapie et de la radioprotection. Il fallait qu'une telle action soit entreprise car l'utilisation des rayonnements ionisants en médecine, dans l'industrie et la recherche scientifique s'était étendue de façon spectaculaire et il était devenu indispensable aux utilisateurs de rayonnements de pouvoir échanger leurs résultats sur une base sûre. Le groupe a reconnu qu'il fallait d'urgence améliorer la radiodosimétrie dans les différentes branches de la médecine des rayonnements (par exemple pour les diagnostics par rayons X, la radiothérapie et la médecine nucléaire), de même que dans les autres applications des rayonnements ionisants et des radioisotopes et en radioprotection.

Le groupe a également conclu que le problème de l'étalonnage en radiodosimétrie pouvait être résolu par la création de laboratoires secondaires d'étalonnage pour la dosimétrie (LSED), dont les dosimètres (étalons secondaires) sont étalonnés par rapport à un étalon primaire. Ces laboratoires devaient former un réseau mondial (l'actuel réseau AIEA/OMS de LSED), et chacun d'entre eux devait appliquer des principes et des méthodes analogues.

---

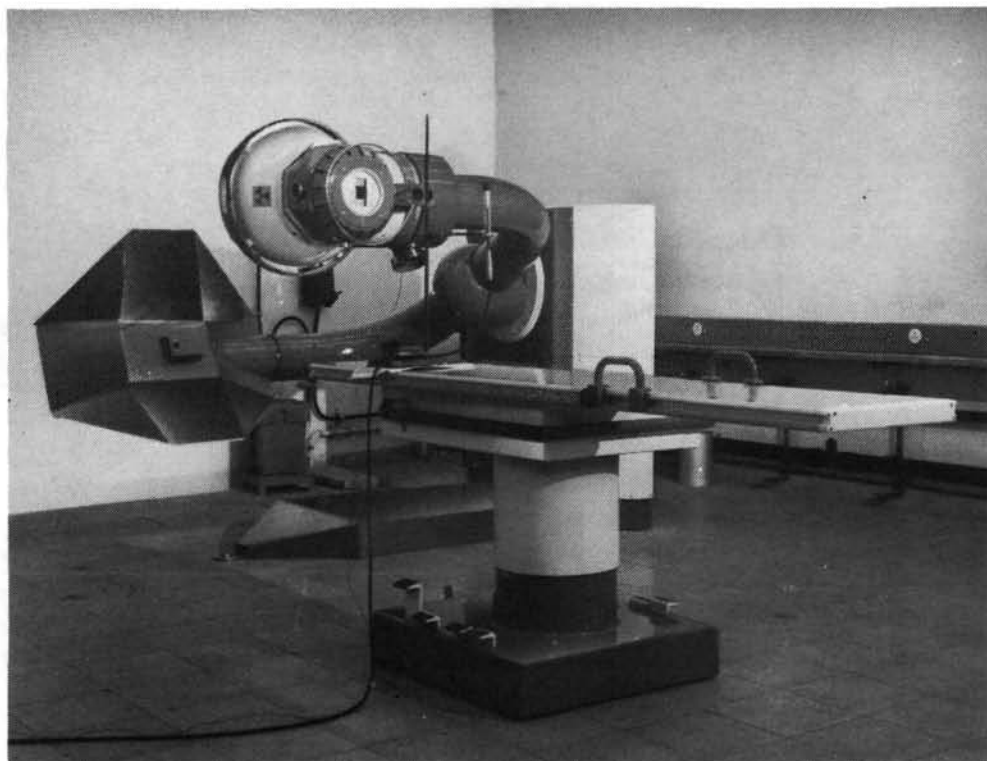
M. Subrahmanian est cadre scientifique à la Division de la radioprotection du Centre de recherche nucléaire Bhabha, à Trombay (Inde).



**Photo 1. Cette chambre d'ionisation à air libre à électrodes planes constitue l'étalon primaire pour les rayons X jusqu'à 300 kV.**

Enfin, ce réseau devait assurer l'information mutuelle et la diffusion de rapports, directives et recommandations couvrant tous les domaines de la dosimétrie.

L'Inde a entrepris la réalisation d'un programme nucléoénergétique à la fin des années 50 et a lancé depuis un programme de production d'isotopes. A mesure que les sources de téléthérapie au cobalt 60 devenaient plus accessibles, le nombre de centres de téléthérapie augmentait fortement. Dans le cadre du programme nucléoénergétique de l'Inde, le Centre de recherche nucléaire Bhabha a également été chargé des questions de radioprotection nationale. Ce dernier programme a été entrepris au début des années 60 et il s'avéra bientôt que la radiodosimétrie et les plans de radiotraitement étaient presque ou totalement inexistant dans un grand nombre de centres de radiothérapie du pays. Il apparut que la radiothérapie se faisait uniquement sur une base *ad hoc* qui était fonction de l'expérience clinique du radiothérapeute. L'appui théorique complémentaire était pratiquement inexistant, le pays n'ayant que très peu de spécialistes de la physique médicale. Les dosimètres n'étaient pas fabriqués sur place et ceux qui avaient été précédemment importés pour les besoins de plusieurs hôpitaux ne purent être utilisés longtemps étant donné l'impossibilité de se procurer les piles nécessaires sur place. De plus, ces dosimètres n'étaient jamais réétalonnés après leur acquisition. Il devenait indispensable de créer l'infrastructure nécessaire en Inde et de répondre aux besoins fondamentaux des hôpitaux.



**Photo 2. Des chambres à cavité en graphite de ce type servent à étalonner le faisceau gamma de sources au cobalt 60.**

## HISTORIQUE

L'initiative fut prise par le Centre de recherche de Trombay et rapidement un programme polyvalent fut lancé. Les caractéristiques principales de ce programme étaient les suivantes:

- 1) Conception et mise au point d'étalons primaires tels que des chambres à air libre, des chambres à graphite et des calorimètres, destinés aux principaux services de radiologie ainsi qu'à la mise en place d'un centre national d'étalonnage des dosimètres.
- 2) Conception, mise au point et fabrication d'appareils de mesure des rayonnements et de dosimètres à partir d'éléments et de matériel disponibles localement.
- 3) Formation en physique radiologique de scientifiques jeunes et motivés.
- 4) Recherche-développement en physique radiologique.

Un aspect important du programme de dosimétrie a consisté à conseiller les centres de radiothérapie en ce qui concerne la dosimétrie et les programmes de traitement. Des spécialistes de physique médicale ont été encouragés à faire des stages dans les laboratoires du Centre afin de se familiariser avec les techniques et les méthodes de calcul modernes appliquées dans ce domaine. Les hôpitaux pouvaient aussi bénéficier d'autres services,



Photo 3. Dosimètre à rayons X "mous".

notamment pour la conception des installations de radiologie en fonction des critères de radioprotection.

### ROLE DU LABORATOIRE D'ETALONNAGE POUR LA RADIOLOGIE

Le Laboratoire d'étalonnage pour la radiologie est le gardien des étalons primaires nationaux de grandeurs radiologiques telles que, pour les rayons X et gamma, l'exposition et la dose absorbée. Pour les rayons X, les étalons primaires sont deux chambres d'ionisation à air libre à électrodes planes, conçues et fabriquées dans ce laboratoire pour l'étalonnage de l'irradiation aux rayons X sous 10 à 60 kV et 80 à 250 kV respectivement. Pour l'exposition due au rayonnement gamma du cobalt 60, l'étalon primaire est une chambre à graphite (voir illustrations). Diverses comparaisons internationales ont permis de définir les étalons primaires.

La mise en place de ces étalons a permis de fournir des services d'étalonnage de dosimètres à tous les hôpitaux de l'Inde, ainsi qu'à ceux de pays voisins. A cet effet, on utilise des étalons de référence pour les rayons X "mous", les rayons X classiques et le rayonnement gamma du cobalt 60. On délivre alors des certificats spécifiant les valeurs et l'exactitude d'étalonnage et les autres données essentielles.

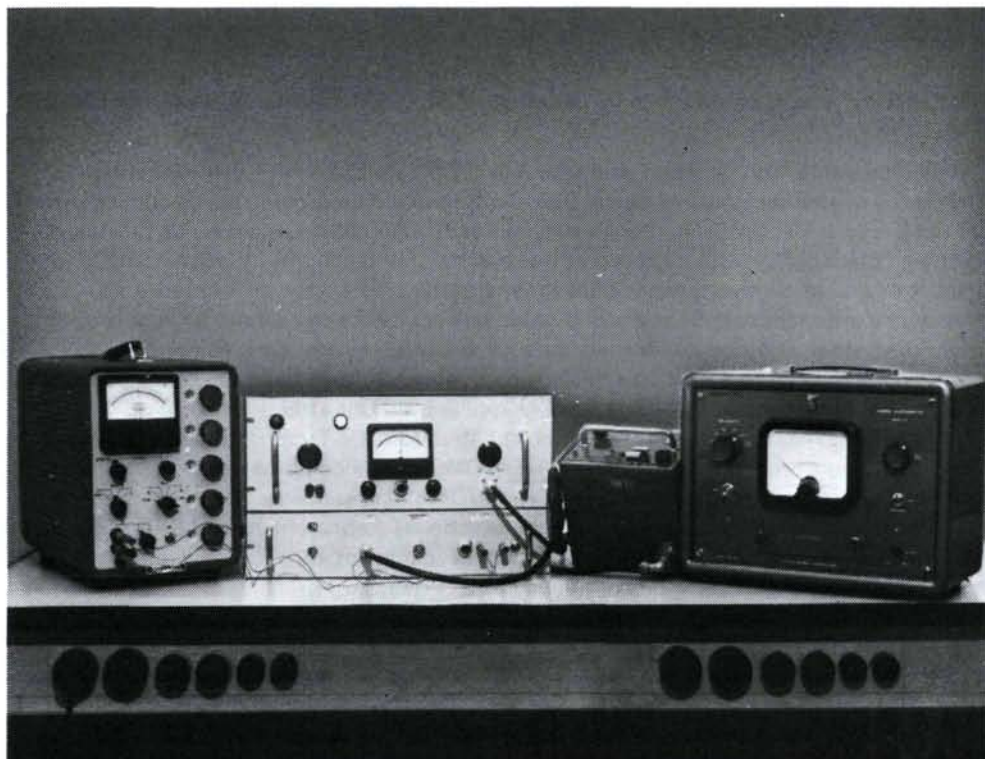


Photo 4. Système de mesure de charge servant pour les mesures des rayons X à l'aide d'étalons primaires ou de référence.

#### LE LABORATOIRE DEVIENT CENTRE COLLABORATEUR AIEA/OMS

A ce stade d'avancement, il apparut que les hôpitaux disposaient du personnel et de l'équipement nécessaires pour assurer dans d'assez bonnes conditions les services de dosimétrie clinique. Une étape avait été franchie et il fallait désormais chercher à s'assurer que les équipements et les services d'experts fournis aux hôpitaux étaient correctement utilisés et que les opérations de dosimétrie clinique réalisées dans ces hôpitaux étaient suffisamment exactes et avaient pu profiter des efforts réalisés jusque là. La décision de faire du laboratoire un centre collaborateur AIEA/OMS pour les étalons secondaires de radiodosimétrie vint à point nommé.

Il convient de rappeler que le réseau de LSED a été établi dans le but principal de former un noyau à partir duquel pourraient être améliorées les méthodes de radiodosimétrie appliquées à la médecine et à la radioprotection. Lorsque d'autres pays de la même région ont leurs propres installations d'étalonnage de dosimètres, un tel centre doit se charger d'harmoniser le travail de ces laboratoires nationaux en effectuant des comparaisons qui permettent de maintenir la conformité des mesures de rayonnements, tout en offrant parallèlement des moyens de formation au personnel des laboratoires. Une des techniques destinées à vérifier l'exactitude et l'uniformité de la dose de rayonnements administrée aux patients soignés par radiothérapie consiste à effectuer par correspondance des comparaisons de dose absorbée; cette technique a été inventée et perfectionnée par l'AIEA

pour les rayonnements émis par une source au cobalt 60. Ce programme de comparaison existe depuis 20 ans.

#### PROGRAMME DE COMPARAISON DES DOSIMETRES A THERMOLUMINESCENCE (DTL)

Peu de temps après son adhésion au réseau AIEA/OMS de LSED, le Laboratoire de Trombay a pris l'importante responsabilité d'entreprendre un programme de comparaison des doses qui ne vient pas s'ajouter au programme AIEA/OMS, mais a pour unique but de mettre en place des services d'experts et une organisation technique lui permettant de prendre en charge au niveau régional les activités qui lui reviennent dans le cadre du programme international. Il est donc essentiel que ces deux programmes de comparaison soient identiques, afin que les résultats obtenus indépendamment dans l'un ou l'autre soient comparables et puissent être finalement exploités en commun. Les deux programmes se déroulent donc concurremment jusqu'à ce que le LSED ait atteint le niveau de développement requis. Dans cette optique, le Laboratoire de Trombay n'a pas seulement ajusté son propre programme à celui de l'AIEA/OMS, mais a combiné deux de ses propres séries de mesures avec celles réalisées par l'AIEA/OMS: après que les participants ont irradié dans des conditions identiques les capsules de DTL appartenant au LSED et à l'AIEA/OMS, les dosimètres ont été évalués indépendamment au LSED de Trombay et à l'AIEA à Vienne; puis les résultats ont été comparés (tableau 1).

**Tableau 1: Comparaison des résultats de séries de mesures parallèles LSED/OMS**

Série LSED (n° d'institut)	Série AIEA/OMS (n° d'institut)	Ecart en % (LSED)	Ecart en % (AIEA/OMS)	Différence (%)
7802	1142	-0,9	+1,4	+2,3
7804	1143	+8,1	+10,8	+2,7
7805	1144	+1,4	+2,9	+1,5
7806	1145	+4,9	+6,1	+1,2
7807	1146	-2,8	-0,5	+2,3
7810	1147	-0,1	+3,6	+3,7
7811	1148	-2,8	+1,8	+4,6
7817	1150	+11,3	+14,6	+3,3
7819	1152	+1,6	+3,7	+2,1
7822	1153	+18,1	+15,6	-2,5
7823	1154	-3,5	-3,5	0,0
7826	1155	+0,4	+0,3	-0,1

Afin de vérifier la concordance des lecteurs de dosimètres utilisés par le LSED et l'AIEA, le laboratoire a participé aux travaux de l'AIEA et la comparaison a montré que les résultats concordent à 1% près. Un expert de l'AIEA/OMS a également vérifié l'étalonnage de la source au cobalt 60 à l'aide d'un dosimètre étalon secondaire appartenant à l'OMS et étalonné par le National Physical Laboratory (Royaume-Uni). Ces vérifications ont confirmé que le Laboratoire de Trombay était apte à établir son propre programme de comparaison de dosimètres dont les résultats ont une exactitude et une qualité comparables à ceux de l'AIEA/OMS.

A l'occasion de ces travaux de comparaison, il s'est avéré que la plupart des hôpitaux indiens ne possédaient pas de dosimètres correctement étalonnés et qu'ils plaçaient une confiance exagérée dans les valeurs qui leur avaient été fournies plusieurs années auparavant au moment du chargement de la source de rayonnements. En outre, de graves erreurs ont été relevées dans l'emploi des facteurs de correction permettant de tenir compte de la décroissance du cobalt 60 et dans l'utilisation des valeurs de conversion. Des efforts ont été réalisés pour informer dûment les participants et les erreurs de dosimétrie ont été corrigées à la suite d'un échange de correspondance. Cependant, lorsque les écarts dépassaient 10%, il a été jugé indispensable d'effectuer des mesures de rayonnement sur place.

## SERVICE DE MESURE DES RAYONNEMENTS

Au cours de l'exécution du programme initial de comparaison dosimétrique, il s'est avéré que ce programme était insuffisant si on voulait assurer dans des délais relativement courts l'exactitude et l'uniformité au niveau régional des mesures de dose absorbée. Une radio-dosimétrie exacte et uniforme implique que toutes les mesures de base effectuées dans chaque centre de radiothérapie sont faites par référence aux étalons nationaux. Ceci n'est possible que si le physicien qui effectue ces mesures prend soin de procéder périodiquement au réétalonnage du dosimètre et de vérifier les éventuelles variations de sa sensibilité en prenant régulièrement des mesures à l'aide d'une source témoin au strontium 90. De plus, chaque centre de radiothérapie devrait théoriquement détenir au moins deux dosimètres, dont l'un de la catégorie des étalons secondaires. L'autre devrait être étalonné périodiquement par le physicien lui-même par rapport à l'étalon secondaire. Il servirait alors aux mesures courantes, tandis que le dosimètre étalon secondaire serait considéré comme l'étalon local et ne servirait qu'en des occasions exceptionnelles. Dans de nombreux cas, le réétalonnage du dosimètre est négligé et un important pourcentage d'erreur peut alors intervenir dans les valeurs de rayonnement des unités de téléthérapie. Il peut donc arriver que les doses administrées aux patients soient excessives ou insuffisantes. Les comparaisons dosimétriques permettant d'identifier les établissements où de telles erreurs se produisent sont longues, et une correction par correspondance risque de réduire les chances de guérison des patients, en particulier lorsque l'erreur d'étalonnage est très importante.

Par conséquent, le laboratoire a entrepris, parallèlement au programme de comparaison dosimétrique, l'étalonnage des sources au cobalt 60 des unités de téléthérapie. Un physicien expérimenté du LSED s'est déplacé dans le pays et a effectué des mesures de rayonnement sur tous les appareils et pour toutes les distances de la source à la tumeur, en fonction des besoins des responsables hospitaliers. Les dosimètres des hôpitaux ont également été comparés à l'étalon secondaire du LSED. Les valeurs approchées des facteurs d'étalonnage ont été obtenues immédiatement, et chaque fois que cela a été nécessaire, il a été conseillé à l'hôpital d'envoyer son dosimètre au LSED pour réparation ou réétalonnage. Ces visites ont également servi à convaincre le radiothérapeute et le physicien de chaque hôpital de la nécessité d'une dosimétrie clinique exacte et uniforme. Les contacts ultérieurs de ces spécialistes avec le LSED prouvent que ce programme a été un succès. On envisage de

**Tableau 2. Résultats des comparaisons doubles**

N°	Ecart en % première comparaison	Ecart en % seconde comparaison
1	-4,5	-0,9
2	-1,7	-1,0
3	-14,7	+8,1
4	+2,8	+1,4
5	-9,6	+0,7
6	dose élevée	+0,6
7	-7,8	-2,8
8	-5,0	-1,6
9	-5,0	-3,0
10	-3,9	+1,6
11	+8,9	-2,8
12	-5,5	-5,1
13	+44,8	+7,9
14	+2,9	-3,3
15	-8,2	+3,4
16	-1,8	+2,4
17	+7,1	+0,7
18	-26,4	+11,3
19	+7,6	+1,6
20	-1,7	-1,2
21	-5,8	-3,9
22	+0,2	-1,3
23	-3,5	-3,5
24	-5,5	+0,3
25	-19,5	-10,0



continuer à assurer ce service d'étalonnage et de l'étendre à tous les hôpitaux de la région. Les comparaisons dosimétriques seront aussi poursuivies et seront étendues par la suite à tous les centres.

Depuis la mise en application du programme du LSED, environ 90 établissements ont participé aux comparaisons de doses par correspondance. Dans plusieurs hôpitaux, une seconde série de comparaisons a été effectuée, en raison d'importants écarts relevés dans les premiers résultats ou de la nécessité de remplacer certaines sources dont l'activité avait diminué. On a remarqué avec satisfaction que les résultats de la deuxième série de mesure étaient en nette amélioration (tableau 2).

## FORMATION EN PHYSIQUE MEDICALE

La création d'un programme indien de formation en physique médicale a immédiatement suivi le lancement du programme nucléoénergétique national. A la différence des pays industrialisés où des cours spécialisés sont assurés régulièrement en radiologie et physique médicale par des universités et des établissements médicaux, l'Inde n'avait aucun programme de ce genre dans aucune de ses universités. Il a donc fallu que le Département de l'énergie atomique se charge d'entreprendre ce programme de formation au début des années 60. Un programme de formation d'un an a été créé en 1962 au niveau du 3e cycle avec l'active collaboration de l'Organisation mondiale de la santé. Les cours couvraient tous les aspects des rayonnements et notamment leurs applications et les questions liées à la sûreté. Ils conduisent aujourd'hui au diplôme de physique radiologique de l'Université de Bombay. Jusqu'à présent, 16 cours ont été donnés à un total de 260 candidats, dont 30 ressortissants d'autres pays de l'Asie du Sud-Est.

En dehors de cette formation, des cours plus brefs sur la sûreté d'utilisation des rayonnements en médecine et dans l'industrie ont été organisés à intervalles réguliers à l'intention des radiologues, des techniciens en rayons X et du personnel utilisant des sources de rayonnement.

L'expérience du Laboratoire de Trombay a montré que les objectifs d'un LSED peuvent effectivement être atteints en coopération avec l'AIEA et l'OMS et grâce aux efforts intensifs du LSED lui-même. Le LSED de Trombay a l'avantage de disposer d'un laboratoire primaire d'étalonnage qui lui est propre ainsi que de diverses autres installations rattachées au centre de recherche. Du fait qu'il remplissait déjà ces fonctions auparavant, il a acquis au cours des années une expérience et une compétence qui lui permettent d'atteindre rapidement les buts fixés.