

# Raman et la mer d'un bleu profond

« Qu'est- ce qui rend le bleu de la mer? " CV Raman peut-être a pensé sur le bateau de l'Angleterre à l'Inde. Mais s'il a eu telle une idée, ce n'était pas rêverie ralentie. Pendant les deux semaines de voyage, tandis que ses compagnons de voyage s'amusent sur le pont, Raman a mené des expériences avec un spectromètre de poche et il a achevé deux articles scientifiques, l'un au moment où le navire a atteint Aden et la seconde comme ils sont entrés à Mumbai. C'était l'année 1921, lors de CV Raman rentrait en Inde après avoir représenté l'Université de Calcutta lors d'un congrès à Londres. La question sur le bleu de la mer, que la Méditerranée qui semble d'avoir provoqué, a conduit bientôt à des travaux scientifiques notables et le prix Nobel !

En 1921, CV Raman était le *professeur Palit* de physique à l'Université de Calcutta et, grâce à ses recherches sur la théorie des instruments sonores et musicaux, il a acquis une réputation internationale comme un homme formidable de la physique.

Chendrashekhara Venkata Raman, plus tard, Fellow de la Société Royale (FRS) et lauréat du prix Nobel, est né en 1888 à Thiruchirapalli, dans le Tamil Nadu. Il a terminé l'école à l'âge de onze ans et est diplômé en physique et en anglais. Une mauvaise santé l'a empêché d'aller à l'Angleterre pour d'études avancées et il a continué à Presidency College , Chennai, où il a obtenu sa maîtrise, avec mention, à l'âge de dix-huit ans. Ironie du sort, après cette rentrée académique impressionnante, il est continué en entrant dans la fonction publique, dans le département de la comptabilité à l'âge de dix-neuf ans, en Kolkatta .



Heureusement pour la science, il a trouvé quand même un peu de temps pour rester en contact avec la physique et a réussi à faire des travaux sur la physique des instruments à cordes et de tambours indiens dans les laboratoires de l'Association indienne pour la culture de la science (IACS)

En 1907, CV Raman a vu, un jour, le signe de l'IACS quand il est sur la route vers le bureau , en tram, en et a saisi la possibilité de continuer à travailler avec la physique . Cette institution, envisagé comme un agent de régénération de l'Inde moderne, avait été mis en place par Mahendra Lal Sircar, un pionnier dans la promotion de la science, en 1876, mais il n'avait pas encore obtenu de résultats notables. Raman s'installa dans une maison à proximité des locaux se IACS et y viendrait tôt le matin et restait jusqu'à ce qu'il dût partir pour le travail. Il y rentrait après les heures de bureau et travaillait toute la soirée. Grâce au travail de Raman, le IACS a attiré chez lui une liste impressionnante d'hommes de science et, pendant des années suivantes, plus qu'aurait satisfait le rêve de son fondateur.

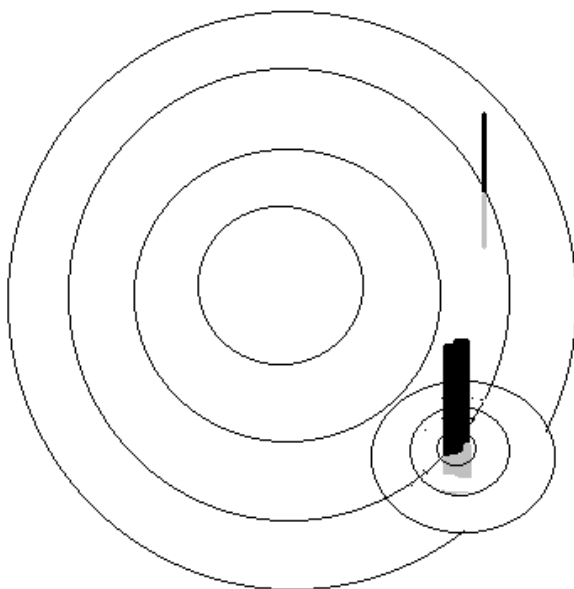
De 1907 à 1917, CV Raman, a travaillé à l'IACS sur une variété de sujets, avec l'accent sur la science du son, les vibrations des cordes et des tambours et l'optique et le comportement de la lumière. Il a publié ses travaux dans les plus grands journaux du monde et a commencé à être bien connu.

En 1916, Sir Ashutosh Mukherjee, un homme brillant des lettres et l'un des observateurs de l'œuvre de Raman, a été nommé vice- chancelier de l'Université de Calcutta. Dans un an, il a réussi à créer dans l'université une poste spéciale pour la promotion de la Physique, une poste avec le titre, *Palit*, et il a offert la poste à Raman. Raman a quitté volontiers sa prometteuse carrière dans la fonction publique et accepté cette occasion de passer toute son temps avec son premier amour, la poursuite de la science.

Mais revenons à la question de la couleur de la mer. La raison de la couleur bleue du ciel avait ensuite été précisément expliquée par le travail de Lord Raleigh. On comprenait déjà que la lumière visible était composée de vagues de perturbations électriques et magnétiques, étalant un peu comme les ondulations sur la surface d'un étang, à la vitesse énorme de trois cent mille kilomètres par seconde. Les mathématiques exacte qui s'applique aux vagues en général a été parfaitement pris en compte l'ensemble des propriétés de la lumière, et même ses autres formes, comme les ondes radio, les vagues de chaleur, des rayons X. Ce sont des propriétés comme la façon dont il reflète, la façon dont elle se plie dans les lentilles, comment les ondes radio pourrait rebondir des couches de l'atmosphère, et ainsi de suite.

Seigneur Raleigh, puis appliqué la physique classique à examiner la façon dont ces ondes ont été dispersées par des grains de poussière ou même les minuscules molécules de l'air.

Pour comprendre la diffusion, nous pourrions examiner les ondulations sur la surface d'un étang. Pensez à ce qui se passe s'il y avait une brindille et un poste épaisse qui sortait de l'eau.

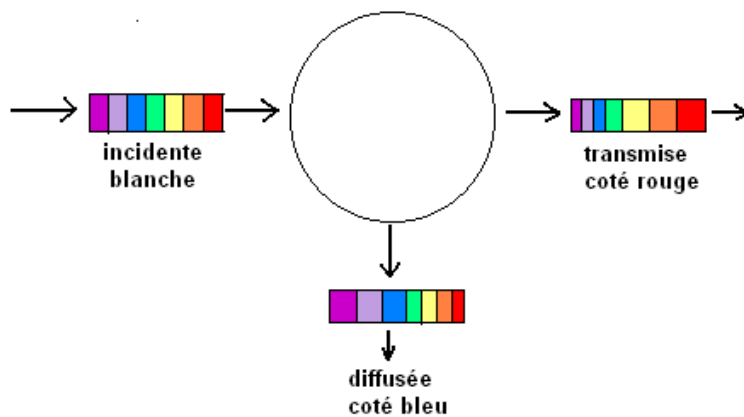


La brindille ne semble guère affecter le passage des ondulations. Mais quand il s'agit du poste, le courant de l'onde d'origine est cassé et un autre ensemble d'ondulations qui s'étendent à partir du poste. Ceux-ci, ondulations secondaires, qui se propagent à partir du poste, sont les ondes diffusées.

Il semble évident que le poste mène à cet effet, mais pas le rameau, principalement parce que les dimensions du poste sont comparables à la distance entre les ondulations successives, ou leur longueur d'onde. Le même poste, si sortant de la mer, où les vagues sont de plusieurs mètres de distance, n'aurait aucun effet, un peu comme la brindille dans le cas des rides !

Raleigh a pu calculer que pour la même taille d'obstacles, la force de diffusion augmentait très vite que la longueur d'onde devenaient plus courte. La force de la diffusion d'une vague avec la moitié de la longueur d'onde, en fait, n'était pas seulement deux fois plus grande, mais seize fois plus grande !

La signification de cette découverte, pour le cas de la lumière du soleil au passage à travers l'atmosphère, c'est que la lumière vers le côté violet du spectre est dispersée beaucoup plus fortement que la lumière vers le côté rouge du spectre. La lumière du soleil qui descende finalement à la surface de la terre est donc un peu déficiente en composants vers le côté violet, ce qui explique pourquoi le soleil est jaune quand on le regarde pendant la journée. Plus tard, dans la soirée, quand le soleil passe à travers plus de l'atmosphère, à cause de l'inclinaison, l'extrémité violette du spectre est épuisé encore plus et le soleil est orange ou rouge !



Ce qui on vient de discuter, c'est en le cas de la lumière qui nous vient directement du soleil. La lumière qui est diffusée dans toutes les directions va illuminer le ciel, qui, à son tour, diffuse la lumière à nouveau vers nous. Nous pouvons imaginer que cette lumière, diffusée deux fois, consisterait en grande partie vers la fin violette, et sûrement, cette lumière, en grande partie, est bleu comme le ciel !

Donc, l'explication du bleu du ciel était parfaite, élégante, complète. Mais pour le bleu de la mer, la théorie actuelle a simplement dit que la mer était bleue parce qu'elle reflète le bleu du ciel ! Quand CV Raman a vu le bleu éclatant de la Méditerranée au cours de son voyage, il a pensé que cette explication facile n'était pas satisfaisante. Pourquoi ne pourrait-il pas être un cas de lumière étant diffusée par les molécules d'eau, comme l'air, s'a demandé Raman. Et donc, alors que le navire a navigué, il a fait des observations minutieuses, avec l'aide du prisme, le télescope et le spectroscope, qu'il portait toujours, et il est arrivé à des conclusions importantes de la diffusion de la lumière par les molécules, avant la fin du voyage !

Ce travail sur la diffusion de la lumière par des liquides n'est qu'un raffinement du travail qui avait déjà été fait sur la diffusion de la lumière par voie aérienne. L'autre aspect le plus important qui a commencé soucier Raman à l'époque était de savoir si la nature « quantum » de la lumière a également joué un rôle dans la diffusion. La théorie ondulatoire de la lumière, basée sur l'étude de l'électricité et du magnétisme, était alors l'apogée du succès de la physique et des mathématiques classiques. Mais des découvertes récentes ont indiqué qu'il y avait de chose qui se manquait dans la théorie. La lumière également démontrait une nature « particule », c'est-à-dire, un comportement « corpusculaire. Cette capacité de lumière pour montrer la nature des particules n'a pas contredit la théorie ondulatoire, mais il était vital pour expliquer le rayonnement de la chaleur par des objets chauds, un domaine où la théorie ondulatoire par lui-même s'est heurté à un problème grave.

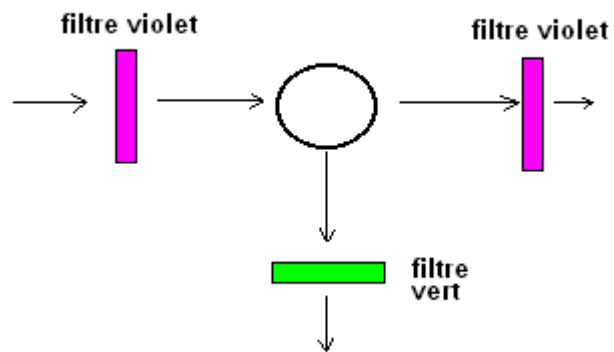
La théorie « quantum », qui a surmonté ce problème, commençait avec la déclaration que les atomes et les molécules n'existaient pas dans continuum d'états d'énergie, mais à de niveaux discrets, à la manière d'étapes, de l'énergie, séparés par « quanta » d'énergie. Et que des changements dans les niveaux d'énergie correspondent à l'émission ou l'absorption du quantum d'énergie dans la forme de « photons », ou d'une particule de la lumière, de l'énergie appropriée.

En dehors de ce « besoin » théorique de la lumière d'avoir une nature « quantum », la théorie d'Einstein sur l'effet photoélectrique, qui est basé sur quanta de lumière, en était une vérification puissante. Et puis, en 1923, Compton avait étudié un effet où X Rays ont subi non seulement de la dispersion, mais un changement de longueur d'onde quand ils rebondissent sur les atomes. Cet effet était si exactement expliqué si des X Rays ont considérés d'exister dans la forme de quanta qui gagnaient ou perdaient d'énergie lors d'un choc avec un électron, comme des boules de billard faire quand ils rebondissent les unes sur les autres, qu'il restait peu de doute sur la validité de la théorie quantique. Kramers et Heisenberg, en fait, avaient également suggéré que la même chose pourrait être possible dans la diffusion de lumière ordinaire !

Pourtant, malgré toutes ces avancements, la théorie classique de Raleigh était tellement « de rigueur » et exacte, que des scientifiques, Niels Bohr et Max Planck inclus, répugnaient à penser qu'il pourrait y avoir quelque chose de plus à dire sur le sujet. C'est une marque de l'objectivité de Raman et son honnêteté scientifique qu'il croyait qu'il doit toujours rechercher des preuves des effets quantiques dans la diffusion de la lumière visible par des liquides !

Les années prochaines au laboratoire IACS ont été consacrées entièrement à l'étude de la dispersion de la lumière par des liquides. L'Association avait embouché d'étudiants brillants et une cache de données a été créé. Le dispositif expérimental a nécessité une source de la lumière intense et blanche. Ce besoin était satisfait en réfléchissant les rayons du soleil dans le laboratoire à l'aide d'un miroir. Cette lumière est passée à travers un filtre violet avant d'être passé à travers le liquide étudié. Et puis, la lumière diffusée à angle droit a été examiné, en regardant le liquide d'un côté, à l'aide d'un télescope.

Naturellement, un peu de la lumière violette est visible, et si un autre filtre violet ont été utilisés avant le télescope, la lumière violette diffusée passait à travers. Mais l'objectif de l'expérience était différent - d'introduire un filtre vert, ou un filtre jaune, avant le télescope, et déterminer si de couleurs autres que le violet pourrait être vu dans la lumière diffusée.



La lumière violette dispersée était, lui-même, extrêmement faible et il n'y avait aucun doute que s'il y avait de la lumière d'autres couleurs qu'il fallait détecter, ces seraient vraiment débile. Le faisceau incident, provenant de la lumière du soleil, était déjà le plus intense qui pourrait être mobilisée à l'époque. Pour que l'observateur soit capable de détecter le plus faible des composants dispersés, il a été installé dans une chambre obscure, de la forme d'une boîte, quatre pieds carrés, une heure avant l'expérience a été démarré. C'était afin d'amorcer les yeux de l'observateur à la sensibilité maximale, une méthode que Lord Rutherford et ses élèves avaient utilisé dans leur découverte célèbre du noyau atomique ! La boîte de Raman en laboratoire IACS est aussi facétieuse appelée le « trou noir de Calcutta » (en rappelant le morceau d'histoire où les familles anglaises avaient été enfermés dans une cave et ils périrent.)

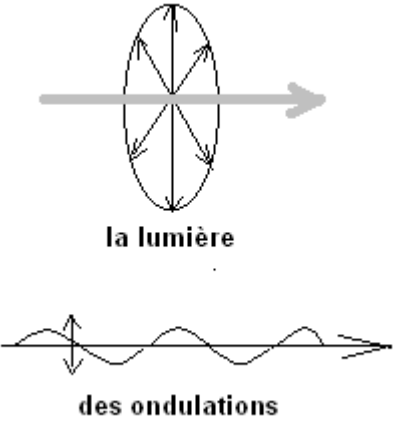
Un après l'autre, les chercheurs ont commencé à signaler qu'il y avait une lumière diffuse « modifié », c'est-à-dire, lumière d'une couleur différente ! La théorie classique de Raleigh a dit catégoriquement que la lumière diffusée serait de la même couleur. Comment les observations pouvaient-elles être conciliées ? Une explication toute prête, c'est que ce n'était pas la lumière diffusée, mais c'était un cas de fluorescence.

La fluorescence est un phénomène où des atomes d'une substance absorbent la lumière incidente, et puis, généralement après un court délai (un très court délai, en microsecondes), ils passent à un état intermédiaire et avant qu'ils émettent de la lumière à une longueur d'onde éloignée. C'est ce qui arrive dans la lumière du tube commun, domestique. Le tube est rempli d'un gaz à basse pression, ce qui permet une décharge d'électricité, en émettant une lumière d'une couleur particulière, souvent dans l'ultra-violet. Cette lumière tombe sur le revêtement du tube fluorescent qui émet alors le « presque blanc » lumière des lampes fluorescentes.

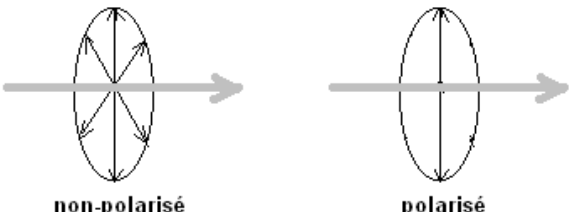
Raman et ses expérimentateurs ne pouvaient pas être sûrs que la composante « modifié » qu'ils voyaient n'était vraiment une nouvelle longueur d'onde de la lumière diffusée ou que d'un cas de fluorescence. Comme fluorescence est souvent dû à des impuretés, ils ont répété les expériences avec une pureté de plus en plus, afin d'éliminé la possibilité de la fluorescence à cause d'impuretés. L'équipe

a vu toujours la composante « modifié », et, en 1925, il avait remarqué l'effet dans une cinquantaine de liquides.

Raman maintenant commencé à soupçonner sérieusement qu'ils y avaient un cas d'une sorte d'effet Compton dans la partie visible du spectre, et certainement pas un cas de la fluorescence. Dans l'effet Compton un photon d'énergie élevée, au cours d'une instance de diffusion, perd de l'énergie à un électron d'un atome du gaz par lequel le photon est diffusé. Mais, on n'a pas rencontré l'effet que dans la région X Ray ou de rayons gamma. Quand même, afin d'aller au fond de cette possibilité, Raman et son équipe ont renforcé le travail de recherche et de plus en plus de données ont été accumulées. Et ils sont tombés sur une nouvelle pièce de données qui est sorti des recherches - que la « diffusion modifiée » est de la forme de la lumière 'polarisée ».

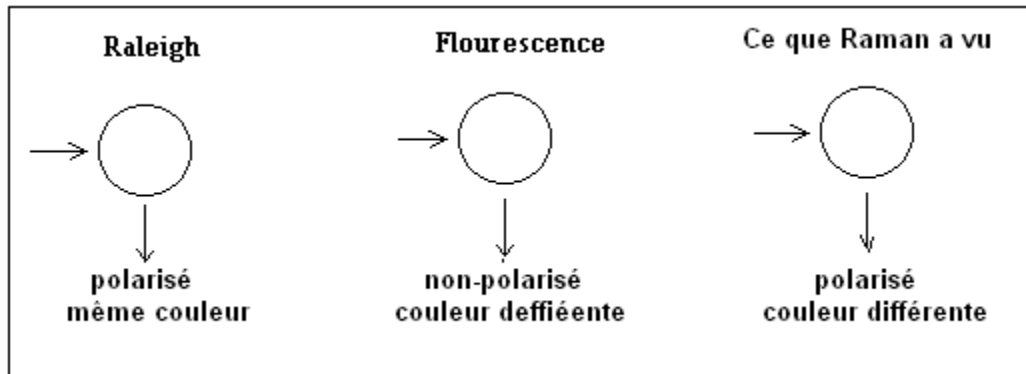
|   |   |
|---|---|
|  <p><b>la lumière</b></p> <p><b>des ondulations</b></p> | <p>Pour comprendre la diffusion de la lumière, c'est utile de comparer les ondes de la lumière à des ondulations sur la surface un étang. Dans le cas des ondulations, de l'eau en tout point se déplace physiquement vers le haut et vers le bas, tandis que les ondulations se déplacent horizontalement le long de la surface. Dans le cas d'une onde lumineuse aussi, comme le cas des ondulations, les changements dans le champ électrique sont à angle droit, ou transversalement à la direction du faisceau lumineux.</p> |
|---|---|

Mais contrairement au cas des ondulations, dans le cas de la lumière, il n'y a pas de directions fixes 'haut' ou 'bas' et le plan de l'onde électrique peut être dans n'importe quelle direction, tant qu'elle est toujours perpendiculaire à la direction de la poutre. Dans un faisceau de la lumière normale, générée par d'atomes mixtes d'un matériel, nous avons toutes les orientations possibles de l'onde électrique.

|   |  |
|---|--|
|  <p><b>non-polarisé</b></p> <p><b>polarisé</b></p> | <p>Mais, quand la lumière est produite non pas atomes orientés par hasard, mais dans une direction donnée uniquement par des atomes orientés dans une direction spécifique, les ondes électriques dans le faisceau de lumière sont tout le long d'un axe, et ce cas, on dit que la lumière est polarisée</p> |
|---|--|

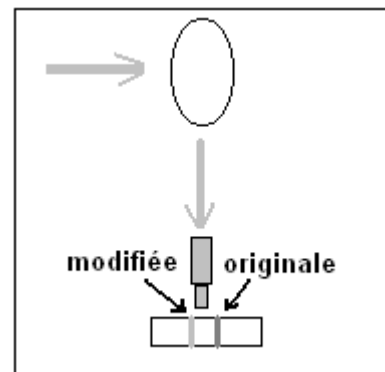
Dans la théorie de la diffusion de Raleigh, qui est une théorie réussie, la diffusion a été comprise d'ayant lieu en raison d'atomes dans des orientations particulières. La théorie de Raleigh donc dit que la lumière diffusée serait polarisée et c'est ce que l'on a observé. Dans le cas de la fluorescence, le processus d'absorption et d'émission de l'onde lumineuse sont des événements distincts et l'orientation des atomes qui participent n'est pas importante. La lumière fluorescente est donc jugée non polarisée .

Ce que l'équipe de Raman avait vu était que le rayon « modifié » dans les expériences de diffusion était polarisé. Ce fut une bonne raison pour croire qu'il-y-avait pas un cas de fluorescence, mais vraiment un exemple étrange de la diffusion accompagnée d'un changement dans la longueur d'onde !



L'expérience définitive, des 28 février 1928, était avec la lumière incidente passée pas seulement par le filtre bleu, mais aussi à travers un verre de l'uranium, qui a fait le faisceau incident non seulement dans le domaine de la violette, mais dans une bande très étroite de la spectre.

Et, en plus de la limitation de la plage de couleur incidente, le faisceau diffusé a été vu, pas à travers qu'un filtre vert ou autre, mais à travers un spectroscopie, qui divisait la lumière incidente en ses composantes, comme un prisme. Et ce qu'ils ont vu dans le cours de l'expérience exacte c'est une ligne qui était de la lumière originale, et à côté d'elle, une autre ligne faible, la nouvelle couleur produite au cours de la diffusion!



Il s'agissait d'un résultat expérimental précis, surprenant, que dans la diffusion de la lumière visible par des liquides, en plus de diffusion Raleigh, il y eut une composante diffusée avec un changement de longueur d'onde, tout comme dans la diffusion des rayons X par les électrons !

Le lendemain Raman a convoqué une conférence de presse et dans quelques semaines, les nouvelles étaient la sensation dans les milieux scientifiques du monde entier. L'explication, très simple, qui Raman a également publié, est que le photon incident a transféré une partie de son énergie à la molécule par laquelle il a été dispersée, et le photon est diffusé avec moins d'énergie. En utilisant la relation que

Planck et Einstein avaient développé pour connecter la longueur d'onde d'un photon avec son énergie, le tâche de calculer la longueur d'onde du photon diffusé avec la perte d'énergie n'était pas difficile!

Et pourquoi y avait-il un « fossé » entre les longueurs d'onde du photon incident et le photon diffusé? Est-ce que les photons dispersés ne pouvaient pas avoir toutes les énergies à partir de celle du photon incident? Cela aussi était facile à expliquer. La molécule qui a absorbé un peu de l'énergie du photon ne pouvait le faire que dans la forme « d'un morceau ou rien », selon des quanta qui séparaient ses « niveaux d'énergie ». A cause de laquelle, le photon a fini avec énergie réduite (ou augmenté ) dans des étapes et pas en continu.

La découverte était en effet quelque chose mémorable. D'un part, c'était la preuve catégorique de la théorie quantique. C'était une recherche courageuse de « l'aiguille dans la botte de foin » pour une possibilité brumeux qui a été suggéré par une théorie encore provisoire, et une recherche qui a abouti à la fixation de panneaux fermes sur la voie à de nouvelles découvertes. Du côté des applications, les spectres Raman des matériaux est rapidement devenu un outil sensible pour étudier les modes d'énergie, vibration et rotation faible de molécules, un domaine qui se développe presque inchangée jusqu'aujourd'hui.

La découverte a rapidement été reconnu par le monde. Rutherford l'a annoncé de la Royal Society, le gouvernement britannique a conféré sur Raman le titre de chevalier, et, en 1930, Raman est devenu le premier lauréat Indien du prix Nobel pour la science. Les années 1920 ont été des années mémorables dans le développement de la physique en tant que discipline. Dans cette époque, pour un chercheur indien, travaillant entièrement en Inde, d'avoir une place d'honneur au cours de ces périodes était électrisante.

En dehors d'avoir été un chercheur actif et d'avoir fait d'exposées scientifiques abondamment pendant deux décennies, Sir CV Raman a également été le constructeur d'une école de scientifiques bien formés à l'IACS. En 1933, il a repris le premier directeur de l'Institut indien Tata des sciences, l'ancêtre de l'Indian Institute of Science de Bengaluru. Au cours des quinze années prochaines qui Raman était à l'Institut, il a beaucoup contribué à mettre en place et à développer le département de physique d'être une de renommée internationale, a part de former et d'inspirer toute une génération de scientifiques de niveau mondiale. Durant ces années, il a également fondé l'Académie indienne des sciences dont le journal, *Proceedings of the Indian Academy of Sciences*, a été le premier des nombreux journaux réputés publiés dans le pays. Il a pris sa retraite de l'Institut en 1948, mais il a continuait à travailler, et, pas loin de l'academie, il a créé une nouvelle institut, *l'Institut Raman*. Une caractéristique notable de cet institut était qu'il avait été financé entièrement par des dons privés.

Raman a poursuivi ses travaux en matière de recherche et d'exposition de la science jusqu'en 1970. Le 2 Octobre 1970, il a prononcé la coutumière conférence mémorial de Mahatma Gandhi à l'Institut Raman. Un peu de temps après, il tomba malade, et le 21 Novembre, il est décédé.