

## EXPOSÉ DES TRAVAUX DE L'INSTITUT D'ASTROPHYSIQUE DE L'UNIVERSITÉ DE LIÈGE

par P. SWINGS,

Professeur à l'Université de Liège

**Résumé.** — *Après un court préambule exposant les débuts de la spectroscopie à l'Université de Liège et la genèse de son installation au laboratoire de Cointe de l'Institut d'Astrophysique, l'auteur justifie la collaboration de celui-ci avec le C. N. R. M.*

*Il donne ensuite une description succincte des appareillages d'avant-garde dont il disposera d'ici peu.*

A première vue, il peut paraître étonnant à certains, qu'un institut d'astrophysique puisse coopérer avec quelque efficacité à des recherches spectrochimiques d'intérêt industriel. Certains pourraient même penser qu'il n'y a guère de point commun entre l'astrophysique et la spectrochimie. C'est pourtant une telle coopération avec la spectrochimie industrielle que notre Institut d'Astrophysique de l'Université de Liège s'est efforcé de réaliser depuis plus de vingt ans, ayant commencé en 1927 à s'occuper d'analyses spectrochimiques. En fait, l'Institut d'Astrophysique de Liège a été un pionnier dans ce domaine des applications pratiques de la spectroscopie. Dès 1927, encouragé par M. l'Administrateur-Inspecteur Dehalu, j'avais commencé à installer de modestes spectrographes à Cointe. Nous étions bien loin, à cette époque, des magnifiques appareillages du genre de ceux que l'on rencontre à présent dans les laboratoires industriels ou universitaires. Mais, peut-être, l'émotion était-elle d'autant plus forte lorsque l'on obtenait, au moyen d'un spectrographe modeste, un résultat plus précis ou plus rapide que par l'analyse chimique; ou même, parfois, un résultat que les méthodes chimiques habituelles ne pouvaient atteindre. Je me souviens, par exemple, de l'émotion éprouvée lors des premières analyses d'échantillons de verre faites avec mon ami Pierre Gilard, vers 1927-1928, ou lors des analyses d'eaux, d'alliages,

d'échantillons archéologiques, de spécimens biologiques, effectuées à partir de cette époque. Si des pionniers de la spectroscopie appliquée avaient déjà, en Belgique, fait des travaux antérieurement à 1927, soit dans l'industrie, soit dans une autre Université, je pense bien que les essais faits au laboratoire de Cointe en 1927 furent les premiers effectués dans cette voie à notre Université de Liège. Il n'est donc pas étonnant que, dans la suite, l'enseignement de la spectroscopie appliquée fut, à l'origine, confié au professeur d'astrophysique et que de nombreux spectroscopistes, y compris l'actuel directeur du Centre de Liège du C. N. R. M., vinrent faire leurs premières armes à Cointe.

Quelle est la raison d'être d'une telle coopération? Je l'illustrerai, dans un instant, en parlant des travaux récents effectués à Cointe pour le C. N. R. M. Mais je voudrais déjà dire, dès maintenant, ceci: Il n'y a, en principe, aucune différence entre la détermination des compositions chimiques d'une étoile ou d'un échantillon d'acier. Déterminer la température d'un arc électrique ou la température d'un astre est le même problème. L'ionisation au sein des sources lumineuses du spectrochimiste se discute par la même théorie que l'ionisation dans l'atmosphère du soleil. Rechercher la composition d'une essence d'automobile ou celle des nuages de Jupiter ou Saturne revient au même.

C'est donc avec plaisir que nous avons apporté la collaboration de l'Institut d'Astrophysique aux recherches spectroscopiques du C. N. R. M. Nous l'avons fait sans crainte de nous disperser, sachant que les problèmes du spectrochimiste industriel et de l'astrophysicien sont essentiellement les mêmes; que les progrès en spectrochimie et en astrophysique seront parallèles; que, tout en coopérant aux problèmes industriels, nous nous aidons nous-même. Certes, si le déve-

loppement de méthodes ou instruments pour la recherche appliquée avait signifié une réduction importante de nos possibilités de travail astrophysique, nous aurions hésité, malgré notre vif désir d'aider l'industrie nationale; car, avant tout, l'Institut d'Astrophysique doit rester consacré aux problèmes physiques concernant les astres. Mais nous avons eu cette grande satisfaction qu'il nous était possible d'aider la science appliquée, sans que ce soit au détriment de nos recherches de science pure, bien au contraire.

Il m'a semblé qu'une telle introduction générale pourrait, peut-être, présenter quelque intérêt pour certains lecteurs. J'en viens à présent à l'examen des travaux effectués à Cointe.

analyse rapide dans les cas où une grande dispersion est indispensable. Cet instrument pourra servir aux métallurgistes lorsqu'ils rencontreront un minerai ou un alliage où la densité en raies devient trop grande pour leurs spectrographes. Il est certain qu'avec le développement des aciers spéciaux, de tels problèmes se présenteront. Ce spectrographe sert en même temps, à des analyses de bandes moléculaires (par exemple celle de FeO) nécessaires à l'interprétation des spectres d'étoiles froides et de comètes. Le montage du réseau est représenté sur la figure 1.

2. *Étincelle dans le vide.* — Le réseau de 21 pieds mentionné ci-dessus est actuellement utilisé pour l'étude des spectres des atomes fortement ionisés. Pour cette étude, nous

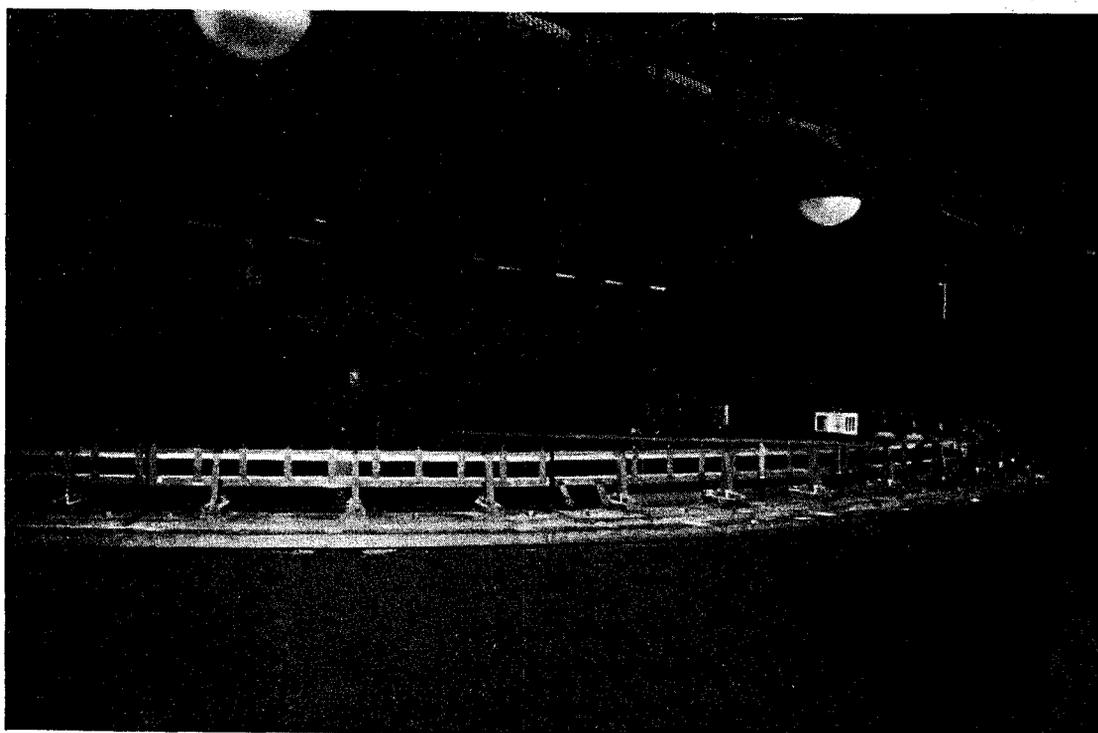


Fig. 1. — Installation du grand réseau de 6,50 m de rayon de courbure.

1. *Équipement d'un spectrographe à réseau de 6 m 50 de rayon de courbure avec dispositif pour multiplicateur d'électrons.* — Là où il y a trois ans, il n'existait qu'une affreuse cave défoncée par l'occupant ennemi, se trouve, à présent, une des plus belles installations à haute résolution d'Europe. L'installation et le réglage du réseau ont été terminés vers la fin de l'année 1948. D'autre part, les dispositifs de stabilisation et d'amplification pour les multiplicateurs ont été mis au point vers la fin de l'été 1949. Actuellement, M. Rosen et ses collaborateurs procèdent à l'adaptation de ces dispositifs, au réseau, dans le but de permettre une

employons la méthode d'excitation par étincelles dans le vide, méthode que nous avons mise au point dans le cadre de notre activité pour le Centre. L'installation utilisée jusqu'à présent était une installation provisoire; elle vient d'être complétée et peut être considérée comme terminée. Nous sommes actuellement engagés dans l'étude des atomes : Ti, Ni, Fe, Mn et Cr plusieurs fois ionisés et espérons pouvoir appliquer cette étude au développement de la méthode d'analyse locale par la micro-étincelle. En effet, dans cette source d'excitation fortement condensée, les spectres des atomes ionisés, qui sont encore peu connus à l'heure actuelle, doivent jouer un rôle



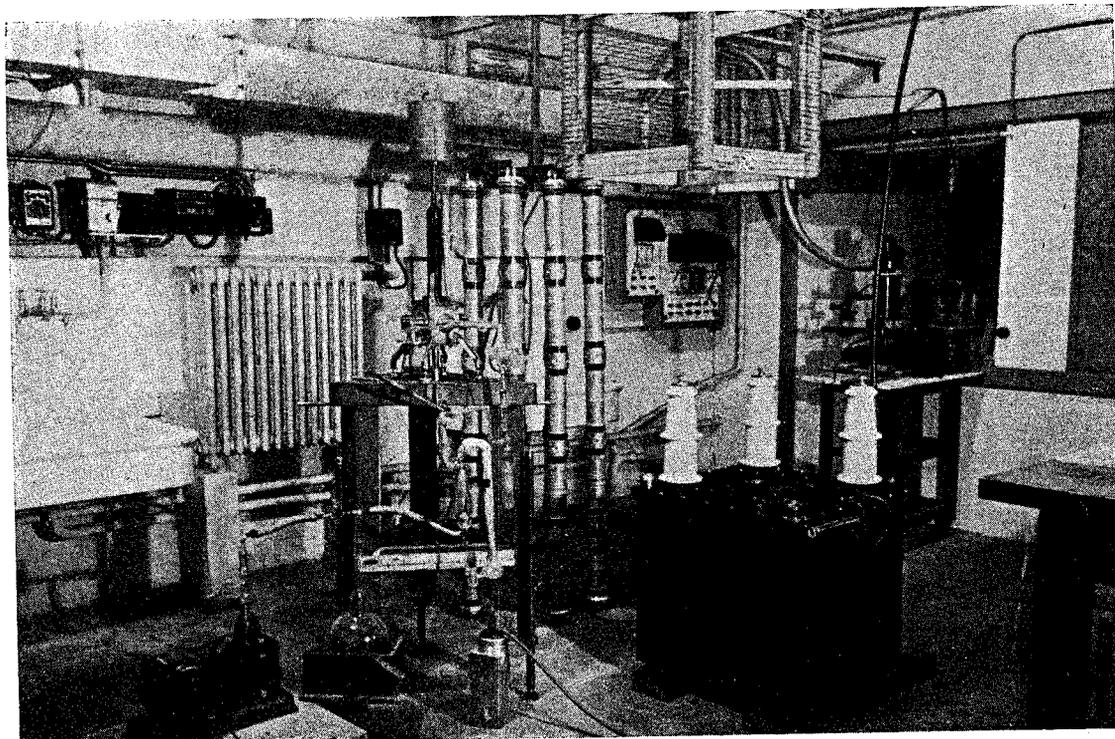


Fig. 2. — Générateur d'étincelles pour l'étude des spectres d'atomes fortement ionisés.

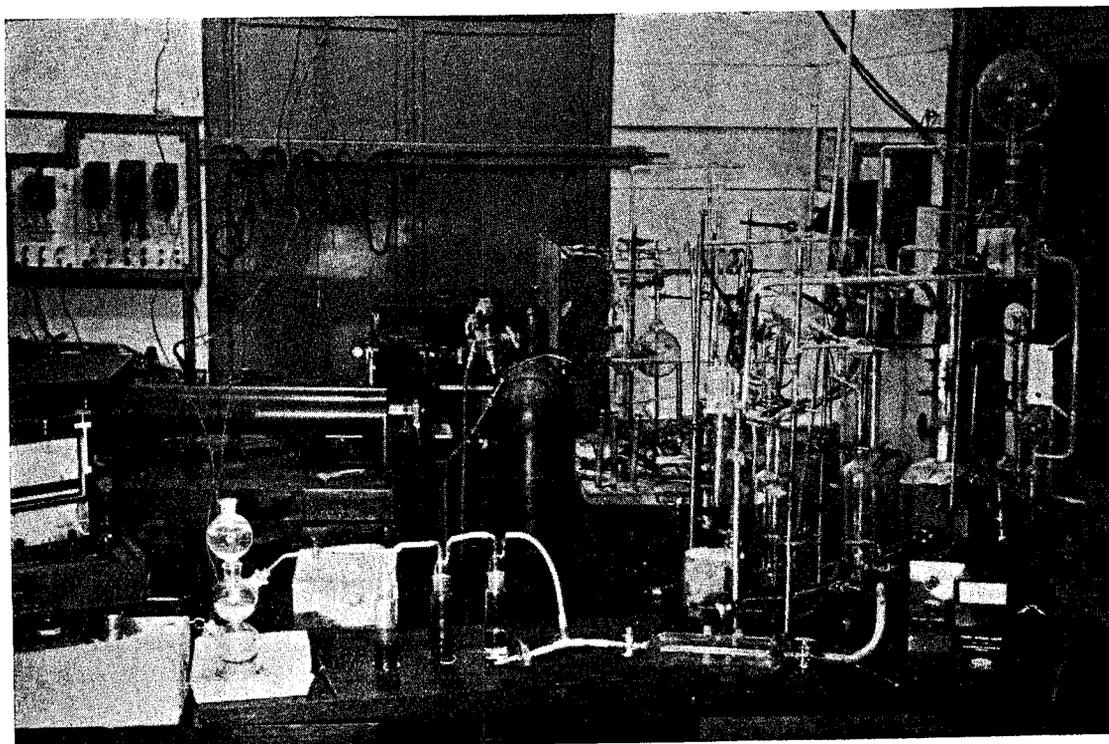


Fig. 3. — Installation de la cathode creuse.

important. Nous serons donc prêts à aider à l'interprétation des spectres d'analyse locale obtenus au moyen de micro-étincelles. D'ailleurs, il est probable que les spectres de métaux deux fois ionisés (ou plus) révéleront de nouvelles possibilités d'analyse : raies plus sensibles, absences de superpositions. Les recherches sont conduites activement sous la direction de M. Rosen. Un jeune docteur en sciences américain Dr J. W. Swensson, le premier boursier Fulbright à venir s'occuper de questions scientifiques à Liège sous les auspices de la nouvelle Fondation (U. S. Educational Foundation in Belgium), coopère activement aux recherches de

courant de 1949, M. Rosen et ses collaborateurs ont continué à développer la source d'émission connue sous le nom de « cathode creuse ». Cette source nous intéresse pour deux raisons. Premièrement, elle nous semble tout indiquée pour l'étude des gaz occlus dans les métaux ; deuxièmement, elle est appropriée à l'étude des spectres des métaux ionisés. Au cours de l'été, nous avons pu compléter l'installation et nous l'avons utilisée dans deux directions. D'une part, nous avons continué à rechercher les meilleures conditions pour l'étude des gaz occlus et l'assistant universitaire actuel attaché au Centre, M. Ottelet, a obtenu des premiers

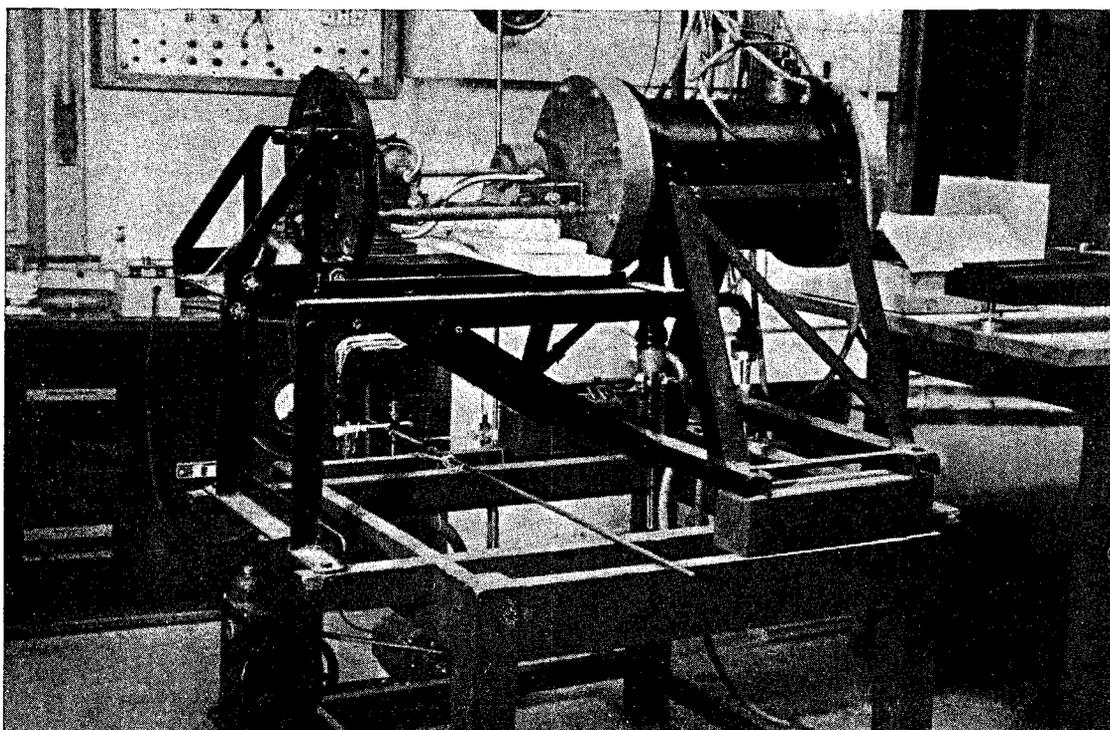


Fig. 4. — Four de King.

laboratoire sur les spectres de Ni III, Cr III, Mn III et Ti III.

Ces spectres inconnus joueront certes un rôle dans les étoiles chaudes. Le seul métal dont on connaisse bien le spectre d'ion doublement ionisé est le fer ; le spectre de Fe III que j'ai analysé en collaboration avec le professeur suédois B. Edlén, s'est révélé d'un intérêt considérable pour les étoiles chaudes. Il est certain qu'il en sera de même des atomes doublement ionisés de Ni, Cr, Mn et Ti puisque les abondances cosmiques de ces métaux sont comparables à celles du fer. L'installation complète est représentée sur la figure 2.

3. *Technique de la cathode creuse.* — Dans le

résultats satisfaisants qui permettent d'espérer la mise au point définitive de la méthode, dans un avenir rapproché. D'autre part, à la demande du Centre, l'ancien assistant universitaire, M. Monfils, a développé, dans le courant de l'été, une méthode pour le dosage des traces d'azote dans l'argon.

Le même genre de technique pourra nous être utile pour l'étude de certains radicaux, tels  $\text{CH}_2$  et  $\text{NH}_2$ , qui jouent un rôle prépondérant dans les comètes et les étoiles les plus froides. L'installation de la cathode creuse est représentée sur la figure 3.

4. *Four de King.* — Lors de la construction de cette installation, M. Rosen et ses collabora-

teurs ont rencontré plus de difficultés qu'ils n'avaient escompté. Ces difficultés résident, en fait, dans la porosité du bronze utilisé pour le four. Les premiers essais satisfaisants n'ont pu être réalisés que vers la fin de l'été. Ils ont montré la nécessité absolue d'utiliser une pompe à très grand débit. Cette pompe commandée depuis longtemps n'a été fournie qu'en janvier 1950. En outre, lors des essais préliminaires, il a été établi que les couvercles de la cuve à vide n'étaient pas encore parfaitement étanches; de nouveaux couvercles sont actuellement en construction dans notre atelier.

Cet instrument qui servira essentiellement à l'analyse des gaz occlus et à l'étude des traces de métaux à point de fusion assez bas, permettra à l'astrophysicien de classer certains spectres atomiques et moléculaires d'intérêt astronomique. Le four de King est représenté sur la figure 4.

5. *Construction d'un spectrographe pour la région 1800-2200 Å.* — Nous avons indiqué, précédemment, l'intérêt industriel que présentera cet instrument. Sa construction est actuellement en voie d'achèvement.

6. *Monochromateur polarisant.* — Nous avons déjà eu l'occasion de parler des belles applications industrielles possibles de cet instrument inventé et développé par les astrophysiciens en vue de l'étude de la couronne et des protubérances du Soleil. Après consultations avec divers métallurgistes, M. Migeotte, chef de travaux à l'Institut d'Astrophysique, a choisi d'étudier et construire pour commencer, un instrument pilote qui doserait le magnésium dans l'aluminium (raies utilisées :  $\lambda$  6243.4 de Al et  $\lambda$  5183.6 de Mg). Il n'a pas été facile de trouver un opticien capable de construire l'appareil suivant nos spécifications; mais ceci est, à présent, fait. Le constructeur espère pouvoir terminer la partie essentielle (filtre polarisant) d'ici quelques mois. Il est vraisemblable que l'appareil sera entièrement terminé pour fin 1950.

7. *Spectrographe de haute luminosité.* — Nous avons exposé, dans un rapport au C. N. R. M., les raisons pour lesquelles nous préférierions remplacer le spectrographe à réseau plan initialement envisagé, par un instrument à prisme de quartz et à chambre à miroir sphérique ouverte à  $f/2$ ; l'aberration sphérique du miroir serait compensée par une correction donnée au collimateur. Le constructeur de ce spectrographe sera M. Cojan. Toutes les études préliminaires sont terminées. Le constructeur envisage de pouvoir terminer l'instrument en 1950. Cet appareil sera essentiel pour les études au moyen de sources faibles, notamment la micro-étincelle.

\* \* \*

Des progrès considérables ont donc été faits dans les voies spectrochimiques nouvelles que

nous avons suggérées au C. N. R. M. il y a plus de deux ans. Il reste certes encore beaucoup à faire; mais, dès à présent, nous pouvons voir que les directions indiquées en 1946 seront effectivement fécondes. On remarquera qu'aucun des appareillages n'était de type standard; que chacun exigeait une somme appréciable d'étude. C'était, pensions-nous, par une telle élaboration de nouvelles techniques optiques que nous pouvions aider le plus efficacement le C. N. R. M. à qui reviendrait, ultérieurement, l'application industrielle détaillée.

Il me reste maintenant un agréable devoir. D'abord, de remercier les groupements industriels pour leur aide financière à l'Institut d'Astrophysique: le Conseil du C. N. R. M. n'a pas craint de manifester son esprit'entrepreneur en aidant des techniques nouvelles, à rendement non immédiat. Ensuite, je veux remercier le directeur du Centre, mon ancien élève, M. Pierre Coheur, qui a toujours été prêt à nous aider avec une sympathique compréhension. Enfin, nous devons une profonde gratitude à l'I.R.S.I.A. et, en particulier, à son directeur M. Henry et au Conseil d'Administration: sans l'aide de l'I.R.S.I.A. et sans l'esprit scientifique de son directeur, notre tâche aurait été impossible.

Grâce à l'aide de l'I.R.S.I.A. et des industriels, grâce aussi à la coopération amicale entre divers services, la spectrochimie fait, en Belgique, des progrès considérables à tel point que, en Europe, notre pays occupe à présent une place enviable dans ce domaine. Puis-je seulement émettre une petite note de regret et d'espoir? C'est que tous ces efforts concernent le domaine de  $\lambda$  1800 au rouge. Un champ énorme d'applications industrielles pourrait être créé en développant le domaine ultra-violet lointain (grâce au spectrographe dans le vide) et le domaine infra-rouge à haute résolution. Nous avons à Liège, les chercheurs capables de développer ces techniques en vue des applications industrielles; nous savons qu'elles constituent un complément extrêmement fécond à la spectroscopie ordinaire pour l'industrie métallurgique et chimique. Il suffirait d'un effort financier qui serait bien minime comparé à tout ce qui a été fait en faveur de la spectrochimie, pour que notre pays occupe une place de premier rang, non seulement dans le domaine classique de la spectrochimie de  $\lambda$  1800 à  $\lambda$  10.000, mais aussi dans ces voies à peine défrichées des longueurs d'onde plus courtes que  $\lambda$  1800 et plus longues que  $1\mu$ . Je pose donc une question: compléterons-nous l'œuvre commencée ou nous contenterons-nous de la partie relativement sûre et facile?

Il y a plus de vingt ans, une croisade a été menée à Liège en vue de l'introduction des méthodes spectroscopiques dans l'industrie nationale. Plus aucun industriel à la page ne doute,

à présent, des possibilités énormes de la spectroscopie appliquée. S'il arrive à certains de faire des réserves, ce ne peut être que par manque d'information ou à la suite d'essais insuffisants ; il faut évidemment, pour chaque industrie, déterminer les techniques d'excitation adéquates. Moyennant de telles études préliminaires, toute usine qui a besoin d'analyses minérales, tirera grand profit d'un spectrographe.

Dix ans plus tard, j'ai mené une seconde croisade en faveur de raffinements spectroscopiques. J'ai insisté sur le choix de la source (arc continu, arc intermittent, arc de haute tension, étincelles diverses, haute fréquence,

cathode creuse, etc...) et sur le choix de la dispersion et de la résolution (en attirant l'attention sur les réseaux). Tout ceci est à présent aussi admis par tous.

Ma troisième croisade consiste donc en l'extension du domaine spectral, vers l'ultra-violet lointain et vers l'infra-rouge. Il nous faut, pour ces régions, de bonnes installations à haute résolution, car la faible résolution ne nous fournirait pas un dixième des résultats de ce que donnera la haute résolution. Je suis aussi convaincu de l'importance de cette troisième croisade que je l'étais des deux premières.



9198 C  
(1)