



Le Cnam et la restructuration de la Métrologie française dans les années 1960

Loic Petitgirard

► To cite this version:

Loic Petitgirard. Le Cnam et la restructuration de la Métrologie française dans les années 1960. Cahiers d'histoire du Cnam, 2015, Le Cnam et la Métrologie nationale depuis les Trente Glorieuses, vol.03 (1), pp. 39-72. hal-03790239

HAL Id: hal-03790239

<https://cnam.hal.science/hal-03790239>

Submitted on 28 Sep 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0
International License

Le Cnam et la restructuration de la Métrologie française dans les années 1960

Loïc Petitgirard
HT2S, Cnam.

Résumé

La structure métrologique nationale élaborée dans les années 1960 est le résultat d'un processus complexe créant la première Chaire de métrologie au Cnam en 1967, l'Institut national de métrologie (INM, au Cnam) en 1968, et le Bureau national de métrologie en 1969. Cet article vise à montrer le contexte et la dynamique de cette restructuration, découpée en trois phases principales, et le rôle pluriel du Cnam dans ce processus. Nous montrons qu'à travers la crise de son Laboratoire d'essais (LNE), le Cnam est initiateur des projets de réorganisation (1964-67), qui prennent une ampleur nationale quand les outils de la politique scientifique gaullienne s'emparent du sujet et instaurent le BNM comme coordinateur national (1967-69). L'article s'achève sur le processus d'autonomisation du LNE (1970-78) et ses conséquences sur l'institution Cnam.

Introduction

L'organisation de la métrologie en France a connu plusieurs mutations depuis l'adoption en l'an III, par décret de la Convention, du Système métrique et de l'instauration de la première Agence temporaire des poids et mesures, en 1795. Le tournant pris dans les années 1960 marque une recomposition de la Métrologie française, et compte parmi les étapes clés de cette histoire. Concernant très directement le Cnam, la Chaire de métrologie est créée en 1967 et l'Institut national de métrologie (INM), au sein du Cnam, se dessine dans la foulée (1968-69). Au niveau national, le Bureau national de métrologie (BNM) est créé en 1969, en charge de la coordination et de l'organisation des acteurs de la métrologie. Cette phase est d'autant plus importante qu'elle a engagé la structuration de la Métrologie française pendant 35 ans, jusqu'à la redéfinition du BNM en 1994.

Lorsque s'échafaude la nouvelle structure dans les années 1960, la métrologie, dans d'autres pays développés,

est déjà très organisée et souvent pilotée à l'échelle nationale par une agence unique : aux États-Unis, le National Bureau of Standards (NBS)¹ a été créé en 1901 ; en Allemagne, le Physikalisch-Technische Reichsanstalt (PTR²), créé en 1887, a concentré progressivement les prérogatives métrologiques ; au Royaume-Uni, est installé le National Physical Laboratory (NPL) depuis 1900.

Ce décalage par rapport aux autres organisations nationales pose question : pourquoi a-t-on attendu en France les années 1960 pour aboutir à une organisation à cette échelle ? Nous allons voir que la création d'un Bureau national clôt plusieurs décennies de débats, de propositions et de tentatives avortées³. La

réalité de la construction de cette solution BNM est complexe et très significative de l'évolution du système économique, industriel et universitaire sous la présidence de Charles de Gaulle. Le BNM est une solution singulière, *ad hoc*, sans équivalent dans d'autres pays. Il était attendu, et il a mis 25 ans à se développer complètement. Ce n'est pas un système intégré comme dans d'autres pays, mais un dispositif de coordination interministérielle des grands acteurs de la métrologie, d'incitation au développement des activités de métrologie, de financement et d'interfaçage avec l'industrie.

Dans l'élaboration du BNM et des nouvelles structures, le Cnam a joué un rôle pluriel. Il a pour lui le poids de l'histoire, une relation de longue durée avec la métrologie⁴. Le Cnam dans les années 1960 est aussi, et surtout, constitué du Laboratoire national d'essais (LNE), laboratoire qui réalise des étalonnages et des essais pour la recherche et l'industrie française. Le Cnam a de fait une tutelle sur une partie de la Métrologie française.

La création du Laboratoire d'essais en 1900 peut être vue rétrospectivement comme la première tentative d'organiser un système métrologique national. Mais déjà à sa création, une partie de la métrologie lui échappe : les références pour la mesure du temps sont l'apanage de l'Observatoire de Paris, celles des grandeurs

¹ Il est devenu le NIST (National Institute of Standards and Technology) en 1988.

² C'est aujourd'hui le Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB).

³ Pour un rappel historique de ces débats, nous renvoyons à l'article de C. Fontanon et L. Petitgirard dans ce dossier (abordant notamment la création du Laboratoire des machines de Morin et Tresca, du Laboratoire d'essais en 1900 et les tentatives de structuration déjà au XIX^e siècle). Pour une vision des rapports entre recherche et industrie, la période 1880-1940, voir : (Shinn, 1980). Sur les questions de métrologie électrique et rapports aux industries, voir en particulier (Soubrier, 1918), (Blondel, 1990) et (Caron, 1991). Sur la métrologie liée à l'émergence de la radioactivité, voir tout particulièrement l'ouvrage consacré à Marie Curie et son laboratoire : (Boudia, 2001). Notons que, parmi les anciens acteurs et responsables de la métrologie, circule l'hypothèse suivante, qui paraît trop limitée : les « décideurs » ont longtemps pris pour acquis que le BIPM étant à Sèvres, sur le territoire français, il n'y avait pas lieu de construire un laboratoire national (Bernard, 1994). Entretiens de l'auteur avec André Allisy (décembre 2012) et avec Laurent Citti (11 décembre 2014).

⁴ Sur cette longue histoire, voir l'article de C. Fontanon et L. Petitgirard dans ce dossier.

électriques seront assurées par le Laboratoire central d'électricité (LCE). Et l'entrée du Laboratoire dans le giron du Cnam est, dès le départ, problématique et conflictuelle (Schiavon, 2014). Précisons également que le Laboratoire est « national » parce que le Conservatoire devient « national » avec la réforme de 1900 : l'usage a imposé le sigle LNE pour « Laboratoire national d'essais », nous utiliserons alternativement LNE ou Laboratoire d'essais. Cela signifie également qu'il n'a pas eu nécessairement des missions nationales, fixées par le gouvernement, et explique la création d'autres laboratoires métrologiques.

L'histoire du LNE et des relations avec le Cnam, avant et après la période gaullienne, est encore à écrire, mais elle est heurtée, conflictuelle, compliquée. Le problème de la définition de ses missions, tout particulièrement, est l'objet des crispations des acteurs en interne au Cnam : faut-il un laboratoire focalisé sur les essais et contrôles, dans une optique de service aux industries, ou un laboratoire qui combine essais et recherche de base, scientifique, sur les références ? Les tourments des relations entre le LNE et le Cnam, les changements successifs de position sur les missions du laboratoire, sont une partie de l'explication du décalage par rapport à d'autres pays développés, perçu dans les années 1960.

Cet article vise à préciser le contexte, les débats, les pressions qui ont fait émerger la structure métrologique nationale dans les années 1960 : nous

voulons montrer, au moins partiellement, pourquoi et comment s'élabore la nouvelle structure, analyser les raisons des acteurs engagés et le processus complexe de décision qui amène au BNM en 1969. Il s'agit également de nous focaliser sur le rôle du Cnam et de plusieurs acteurs clé du système. Car, cette organisation est tout autant une demande d'en haut, de scientifiques engagés dans la définition de politique scientifique et technologique souhaitée par de Gaulle (Bonneuil, 2005), que d'acteurs et d'opérateurs du terrain de la métrologie.

Pour révéler toutes les facettes de la restructuration nous la présentons comme une succession de plusieurs phases, qui peuvent se chevaucher chronologiquement car elles ne se jouent pas toutes aux mêmes échelles ni dans les mêmes lieux. La première phase, et première partie de cet article, correspond au développement de la crise au LNE, jusqu'au premier rapport mettant à plat les missions et objectifs du LNE en 1964. La rédaction de ce rapport, avec les réunions et consultations produites, est un temps essentiel dans l'ensemble de la restructuration nationale : ce temps se déroule au Cnam, et si le diagnostic est focalisé au départ sur le LNE, c'est à cette occasion que les discussions et négociations sur la réorganisation nationale sont engagées.

La seconde phase renvoie aux actions inter-organismes et inter-ministérielles pour élaborer un plan national pour la métrologie (1964-67) : le plan démarre

à l'occasion de la crise du LNE, il se développe sur commande de la DRME (Direction des recherches et moyens d'essais) souhaitant connaître les ressources en matière de métrologie à l'échelle nationale, et il aboutit au premier projet de BNM. La troisième phase est la mise en place effective de cette solution : des enquêtes de terrain (1968-69) aux transformations des organisations, c'est un retour aux acteurs, un passage des intentions aux réalités des organisations et à ses complexités (1970-78). Nous bornons cette histoire de la restructuration nationale à la séparation entre le LNE (transformé en Établissement public à caractère industriel et commercial) et le Cnam, officialisée en 1978 et nous concluons sur le paysage de la métrologie nouvellement réorganisée.

Crises et impasses au Laboratoire d'essais

La crise que traverse le LNE sur la période 1960-69 a des racines profondes et elle est multiforme : crise d'identité, crise financière, manque de personnel, crise « scientifique » du fait des activités d'essais qui polarisent le laboratoire. Pour une bonne partie, ces points sont récurrents dans l'histoire du LNE⁵.

⁵ Voir notamment : (De Monzie, 1948), (Bernard, 1994) et la notice sur George-Albert Boutry dans le *Dictionnaire des professeurs du Cnam* (Fontanon, 1994). (Schiavon, 2014, chapitre IV) donne un compte rendu rigoureux et actualisé du moment de création du Laboratoire.

Un laboratoire en crise récurrente ?

Le Laboratoire est créé au tournant de 1900 dans un contexte où le scientifique se mêle au politique, sur fond d'exposition universelle à venir, en 1900, et d'une question de prestige national, de rayonnement scientifique et technique de la France. La Société des ingénieurs civils souhaite revivifier le Laboratoire d'essais des machines, construit par Arthur Morin et Henri Tresca, en 1851-1852. Fermé en 1880, faute de moyens, ce Laboratoire avait connu un succès tant chez les industriels, les ingénieurs que les savants, et participait à l'aura du Conservatoire. Le projet des ingénieurs civils est rival du LCE (Laboratoire central d'électricité) qui a été institué en 1882. Les ingénieurs civils obtiennent gain de cause, et le Laboratoire doit être placé au Conservatoire. Mais une question reste en suspens : quelles missions ce Laboratoire doit-il remplir ? De 1900 jusqu'à la crise des années 1960, la réponse à cette question a changé plusieurs fois et les tensions naissent précisément entre des acteurs incapables de s'accorder sur ces missions.

Martina Schiavon a décrit l'imbroglio lié à la création du LE, dans lequel l'acteur principal est Gaston Louis Hartmann (1851-1922). Il entre dans cette histoire bien avant que le Laboratoire ouvre ses portes : délégué par Alexandre Millerand, il agit en qualité de chef du Bureau national scientifique et permanent des poids et mesures (créé en 1880 à l'occasion des grandes ma-

nœuvres autour du BIPM et sa section française) pour dessiner le Laboratoire. Hartmann a plusieurs ambitions, celle d'uniformiser les mesures dans les industries civiles et militaires, et plus personnellement, de généraliser l'emploi de ses inventions dans toute l'industrie⁶. Il agit activement pour créer un laboratoire adéquat à ce projet, tout en ayant à l'esprit les succès du Laboratoire de Morin et Tresca. Soulignons aussi que le Conservatoire a des rapports privilégiés au militaire, et à l'École polytechnique, et qu'Hartmann est membre du conseil d'administration du Conservatoire. La rencontre d'intérêts avec le projet des ingénieurs civils conduira à instaurer le LE au Conservatoire.

Avec l'esquisse du premier projet pour le LE, arrive l'opposition ferme des physiciens Eleuthère Mascart et Jules Violle. Pour défendre son projet Hartmann fait un rapport sur la situation à l'étranger, avec les yeux rivés sur les réalisations allemandes au sein du PTR⁷. Celui-ci est or-

ganisé par un programme défini selon les besoins de la science et de l'industrie, et délivre en particulier les procès-verbaux d'essais pour les industriels : Hartmann préjuge que ce service est le seul indispensable⁸. En cela, il s'oppose à ceux qui n'imaginent pas un service aux industries sans un travail de métrologie scientifique, sur les références et la conservation des étalons. Au sein du Conservatoire, Mascart appuie la candidature du physicien Alfred Pérot⁹ (1863-1925) à la direction du Laboratoire en 1901. Mais cette voie de la métrologie, appuyée par des recherches en optique, c'est précisément tout ce qu'Hartmann veut éviter¹⁰.

Malgré cette opposition, Pérot est nommé directeur du Laboratoire par le conseil d'administration du Cnam. Hartmann démissionne de la commis-

⁶ Hartmann, polytechnicien (X-1872), officier d'artillerie, est l'inventeur d'un comparateur-enregistreur (vers 1891) qui lui vaut une réputation importante au BIPM et à la Commission française du mètre. Son instrument permet de contrôler des objets à partir du mètre-étalon. Hartmann est directeur de l'Atelier de précision, à partir de 1891, et c'est là qu'il conçoit le comparateur. Le physicien Alfred Cornu le fait connaître à l'Académie des sciences (Schiavon, 2014, pp. 245-46).

⁷ L'activité métrologique est en plein essor au PTR (Cahan, 1989). Le seul titre du rapport de Hartmann publié en 1901 est éloquent : *Annales du Cnam*, 1901, 3^e série, Tome III, « Rapport de la commission d'enquête sur les laboratoires officiels d'essai de Berlin, Munich, Dresde, Vienne et Prague », pp. 93-162.

⁸ « ... Nous le répétons, il faut des laboratoires d'essais véritables, des laboratoires destinés aux essais dont le public a besoin, et non des laboratoires de recherches scientifiques où l'argent de service ne servira qu'à acheter un matériel destiné à des expériences scientifiques imaginées par un théoricien. Personnel et matériel ne devant pouvoir servir qu'aux essais industriels, l'un et l'autre devant être choisis en vue de cette fin très précise seule. » (Hartmann, 1901, pp. 806-809). Précisons que le texte en question n'est pas explicitement signé Hartmann, mais de manière énigmatique il est signé « Z. » : le texte rentre dans de nombreux détails de l'enquête, il est polarisé par le PTR et à travers les conclusions qu'il dresse, il n'y a que peu de doutes sur l'auteur.

⁹ Polytechnicien, physicien, spécialiste d'optique, inventeur avec Charles Fabry de l'interféromètre Fabry-Pérot, un instrument essentiel dans les mesures physiques : il représente une spécialité française de la mesure de précision, avec des physiciens attachés à développer leur propre instrumentation.

¹⁰ Pour plus de détails sur Pérot, ses travaux, les opticiens français, nous renvoyons à (Schiavon, 2014).

sion (mais reste au conseil d'administration du Cnam), en protestation. Ce n'est que le début des tensions, qui conduiront Pérot à démissionner en 1907¹¹. Les chefs de section du LE sont en désaccord avec Pérot, en particulier dans le type de relations à établir avec les industriels : ils souhaitent construire une relation de service d'expertise, plus proche des intérêts industriels et qui serait rentable. Le successeur de Pérot sera le capitaine Ferdinand Cellerier, adoubé par Hartmann, et qui cantonnera le Laboratoire dans les essais et contrôles pour l'industrie (De Monzie, 1948, pp. 107-120). Ainsi se conclut une première période très conflictuelle, avec beaucoup de tensions internes au Cnam, et surtout une absence de projet pour ce laboratoire.

Le LNE se trouve à un nouveau carrefour de son histoire dans les années 1930. Jules Lemoine, professeur de physique au Cnam, et par ailleurs directeur de l'École supérieure des poids et mesures¹², obtient que Pierre Fleury vienne donner les premiers cours de métrologie au Cnam (voir ci-dessous). C'est un élève de Fleury, George-Albert Boutry (1904-1983) qui, au sortir de sa thèse, prendra en charge la direction du LE, succédant à Cellerier en 1936. En mission de

rénovation du LE, Boutry développe un projet privilégiant la métrologie primaire du fait que la mission de conservation des étalons devient effective et importante pour le Cnam et le LE. Et sans perdre de vue la mission de service à l'industrie qui doit aussi être celle du LE¹³.

La ligne de Boutry ne fait cependant pas l'unanimité, il se trouve face à des conceptions différentes des missions du LE, au sein même du Cnam. La situation de 1900-07 semble se rejouer¹⁴. Par ailleurs, le problème des moyens est récurrent, malgré, ou à cause de, la construction du nouveau bâtiment, rue Gaston-Boissier : cette construction promet d'apporter des

13 Il s'exprime ainsi en 1938 : « *L'usine et l'atelier ont besoin d'appareils de mesure capables d'une extrême précision. Il est nécessaire de contrôler ou de vérifier périodiquement le fonctionnement et les propriétés de ces appareils. Il doit donc exister, dans la Nation, un organisme central capable de réaliser des étalons de mesure définis sans ambiguïté avec une précision supérieure à l'incertitude la plus petite de la mesure dans l'industrie ; cet organisme doit aussi disposer de méthodes de mesure qui garantissent une précision supérieure à celle dont sont capables les appareils à vérifier eux-mêmes. Ainsi les USA disposent du National Bureau of Standards, la Grande-Bretagne du National Physical Laboratory, l'Allemagne du Physikalisch-Technische Reichsanstalt* », in (Fontanon, 1994), notice de George-Albert Boutry.

14 En 1949, à l'heure de désigner le successeur de Boutry, Albert Métral, professeur au Cnam, rédige une lettre à l'adresse du président du conseil d'administration du Cnam, l'amiral Lucien Lacaze, pour soutenir la candidature de Louis Longchambon, qu'il considère comme un futur directeur excellent. Ce faisant, il critique la gestion de George-Albert Boutry, qu'il estime coupable d'avoir transformé un laboratoire d'essais en laboratoire de recherches ne faisant plus assez d'essais. Et il tacle également la candidature de Maurice Bellier, qu'il juge déplacée étant donné son curriculum [Archives du Cnam, Dossier Maurice Bellier, Candidature au LNE].

11 Il faudrait plutôt dire qu'il est destitué, et qu'il poursuivra sa carrière à l'École polytechnique et à l'Observatoire.

12 Cette école est dénommée aujourd'hui « École supérieure de métrologie », créée par décret en 1929. Elle forme les agents du Service des instruments de mesure (anciennement Service des poids et mesures), c'est-à-dire les agents de la métrologie légale.

équipements de pointe au Laboratoire, mais il grève le budget du LE pour de nombreuses années (nous le verrons à l'occasion de la crise financière du Laboratoire dans les années 1960). Ce cumul de problèmes conduit Boutry à démissionner de la direction du LE en 1949. Maurice Bellier lui succède à la direction de ce laboratoire qui a son siège (dans le xv^e arrondissement) très excentré du Cnam de la rue Saint-Martin.

La crise des années 1960

Héritage de cette histoire, la crise des années 1960 est à la fois interne, faite de tensions avec la tutelle du Cnam, et externe du fait que le LNE ne peut plus répondre aux besoins des laboratoires et industriels demandant des essais. Dès 1960, le LNE est confronté à l'amplification de quatre problèmes qui obscurcissent son horizon, et conduisent à la demande d'un rapport complet sur l'état et les fonctions du Laboratoire.

Premier problème, les travaux demandés au LNE concernent un nombre impressionnant de domaines, divers et variés : radioactivité, matières plastiques, spectrophotométrie, acoustique, thermique, métallurgie, machines, matériaux, chimie... C'est le résultat de la sédimentation de missions multiples, de l'accumulation de demandes qui n'ont pas d'autres destinations qu'un laboratoire d'essai. Le LNE peut collaborer ponctuellement avec des chaires

du Cnam (en aéronautique avec Henri Girerd, en chimie des plastiques avec Dubois¹⁵), mais force est de constater que le spectre d'intervention est trop large pour un seul laboratoire, malgré les plus de 200 personnes qui y travaillent. Il y a une conséquence majeure à ce cumul : toute l'activité du Laboratoire est concentrée sur les tâches d'essais, alors que la métrologie scientifique, avec les recherches sur les étalons par exemple, est devenue inexistante¹⁶.

Simultanément, second problème, les essais sont devenus pour une part croissante d'entre eux, des véritables études, celles qu'on demande à un bureau d'étude en Recherche et Développement. Le Laboratoire fait fonction de laboratoire de recherche technique, intersectoriel. La non-clarification de ses missions explique en partie cela. En outre, le contexte du développement technique et industriel post-seconde guerre mondiale, contraint ponctuellement le LNE à demander des prestations extérieures en recherche et développement pour compenser ses carences : cela pèsera parfois lourd dans le budget global.

Troisième problème, le LNE est identifié comme le correspondant natio-

¹⁵ Rapport d'activité 1961-62 du Cnam par Louis Ragey (présenté en avril 1963) [Archives du Cnam, Procès-verbal du conseil d'administration – 1963].

¹⁶ En moyenne, on dénombre 4 publications par an, sur la période 1960-65 [Archives du Cnam, Procès-verbal du conseil d'administration – 1961-66]. Rapports d'activité du LNE et du Cnam présentés au conseil d'administration.

nal du BIPM, devant assurer également la conservation des étalons nationaux¹⁷. Or, par la force des choses, le LNE n'a plus les moyens, ni le temps pour assurer ces fonctions : le BIPM, les instances internationales, le constatent et ne peuvent que le déplorer¹⁸.

Le quatrième problème est celui des contrôles légaux que doit assurer le LNE, tout particulièrement celui des alcoolomètres et des thermomètres médicaux. La vérification était facultative avant le décret du 14 août 1918, qui a rendu ces contrôles obligatoires. Les contrôles étaient réalisés dans le service du ministère du Commerce et de l'Industrie, et ce service a été intégré dans le LNE, avec un développement continu et important¹⁹. Le principal problème tient au fait que les contrôles ne sont pas rentables au prix qui est reversé au Laboratoire²⁰. Ces contrôles mobilisent des ressources croissantes du fait

de la demande à l'exportation qui décuple la production de ces instruments. Pour donner une idée de l'ampleur de la tâche : en 1964, près de 13 000 thermomètres sont testés chaque jour, soit 3 millions par an. Les tests sont largement automatisés, mais la logistique mobilisée, le personnel nécessaire sont disproportionnés pour un laboratoire comme le LNE²¹.

La crise financière du LNE est une conséquence de cette série de problèmes latents et jamais pris à bras-le-corps. Sur la période 1950-61, les recettes ont augmenté régulièrement avec l'activité du LNE : elles ont été multipliées par 3,7. Mais les rémunérations des personnels n'ont pas augmenté dans le même ratio, 1,7 seulement, ce qui est source de protestations et de tensions internes. Surtout, 1961 est l'année du premier déficit clair du LNE, même s'il est compensé par un excédent de l'année 1960. Le déficit se creuse par la suite, culminant à 585 000 francs en 1964 : malgré le contexte économique, et malgré la croissance de son activité, le LNE est déficitaire, et il est le seul laboratoire du Cnam dans cette situation (ce qui oblige même à puiser dans le fonds de réserve).

Un paramètre doit être pris en compte dans cette perspective strictement financière : le LNE a engagé un budget très important pour la construction du laboratoire rue Gaston-Boissier, avec des équipe-

17 Décret du 2 avril 1919 confiant au Conservatoire la mission de conservation des étalons du Système métrique en France. Décret du 28 décembre 1931, rappelant celui de 1919, et créant le Dépôt des étalons au Cnam.

18 Le président du BIPM, Jean Terrien, le redira, plusieurs fois, très directement et sans détour, au sein du groupe de travail du Cnam de 1967.

19 Eleuthère Mascart (1837-1908) avait organisé le premier Bureau de vérification des alcoolomètres et densimètres en 1883 et l'a fait transférer au Cnam : il est aussi un des instigateurs du LNE à ses premières heures (Schiavon, 2014, p. 289). Avec un peu d'ironie, il considérait que la question des thermomètres n'était pas seulement une question de construction d'instruments de précision, mais nécessaire à la santé publique et qu'il fallait, en conséquence, procéder à leur vérification.

20 [Archives du Cnam, Procès-verbal du conseil d'administration – 1964.] 90 % des revenus de ces contrôles sont prélevés par l'État.

21 Ce que n'a pas manqué de souligner M.-Y. Bernard avec beaucoup d'ironie, voire de condescendance à l'égard de ces travaux, dans son livre *Le Cnam au xx^e siècle* (Bernard, 1994, p. 64) !

ments très performants, une infrastructure complètement adéquate à ses missions. L'investissement se ressent encore plusieurs années après la fin de la construction et l'installation dans ces locaux.

La situation du LNE est somme toute assez paradoxale. Pour ce qui est réalisé au LNE, les coûts sont trop élevés : trop de coûts externes, opérations non rentables, masse salariale importante. Mais la demande d'essais au LNE, émanant d'industriels ou d'autres laboratoires est tellement importante que le LNE ne peut pas suivre : il lui faudrait plus de personnel. Maurice Bellier avance le chiffre de 350 salariés nécessaires pour suivre la cadence, contre les 200-230 dont il dispose en 1964²². Il faut ajouter à cela qu'il est difficile d'embaucher du personnel qualifié, car les salaires proposés sont trop faibles par rapport à ce qui est pratiqué ailleurs, dans l'industrie.

Le LNE est structurellement non adapté au contexte économique, scientifique et industriel des années 1960, même s'il jouit d'une très bonne réputation dans ses travaux, et pour son impartialité. Il a une fonction tout à fait reconnue. Sa légitimité, son existence ne sont jamais contestées, au contraire, et différentes solutions et adaptations ont été imaginées avant 1964.

La principale solution en discussion, qui est une revendication de

longue date, est le changement de statut du LNE²³ : lui donner de l'autonomie, en faire un EPIC (Établissement public à caractère industriel et commercial), c'est la seule issue perçue par beaucoup d'acteurs. Mais ce changement est refusé par le ministère des Finances²⁴, qui suggère qu'il soit transformé en institut du Cnam. Or, dans les faits, le budget du LNE est toujours distingué du reste du budget du Cnam, il est quasiment un institut : l'officialiser changerait peu de chose à l'état de fait.

La question des rémunérations est un point revenant régulièrement à l'ordre du jour. Il est envisagé d'assouplir les règles de rémunération, mais cela ne peut concerner que le personnel contractuel, peu nombreux en réalité, et non les fonctionnaires et cadres administratifs dont les rémunérations sont fixées par ailleurs.

En tout état de cause, ce ne sont donc que quelques symptômes qui peuvent être traités, pas le problème de fond. L'échec de ces propositions successives, ou leur non-application, conduit à une mise à plat du dossier en 1964.

²³ Boutry l'avait demandé en 1949, avant de démissionner. (Fontanon, 1994), notice biographique sur George-Albert Boutry. Boutry est présent lui-même au conseil d'administration en 1964, et il fait clairement rappeler cet état de fait [Archives du Cnam, Procès-verbal du conseil d'administration – 1964].

²⁴ Plusieurs fois, et malgré des appuis importants comme M. Jeanneney [Archives du Cnam, Procès-verbal du conseil d'administration – 27 avril 1962].

²² [Archives du Cnam, Procès-verbal du conseil d'administration – 1961-67.]

Le rapport de 1964 sur les missions et moyens du LNE : de l'échelle du Cnam à l'échelle nationale.

Sur fond de crise, s'organise un groupe de travail qui se réunira en 5 séances sur l'année 1964, avec les personnalités suivantes : Pierre Fleury, Maurice Bellier (en tant que directeur du LNE), Louis Ragey (directeur du Cnam), Pierre Salmon (ingénieur général), Léon Denivel (professeur au Cnam), Jean Debie (directeur du Centre d'études nucléaire de Saclay – CEA), Jean Terrien (directeur du BIPM), Paul Guérin (secrétaire du groupe de travail, directeur adjoint du Cnam). Ainsi, démarre l'analyse approfondie du LNE visant à proposer des mesures pour que le LNE « rende le service demandé »²⁵. Et qui, au final, c'est ce que nous allons montrer, dépasse le cadre du Cnam : il s'agit d'un moment fondateur de la redynamisation de la métrologie en France.

Un comité au fait des problématiques métrologiques

Dans ce comité, il y a des personnalités clés de la métrologie (Terrien, Fleury, Bellier), le directeur du Cnam Louis Ragey (et son directeur adjoint, qui sera également son successeur en 1965, Paul Guérin). Léon Denivel est le professeur titulaire de la Chaire de chimie tinctoriale

(1941-74)²⁶ : c'est un industriel et un chercheur de premier plan en chimie, un expert très recherché et un conseiller scientifique de multiples sociétés industrielles. Il a contribué à organiser le CEA en 1945, en étant conseiller scientifique du chef d'état-major de l'armée (novembre 1944), il a donc également une expérience de long terme avec le secteur de la défense. Et il a des responsabilités en matière de politique scientifique nationale. Son expertise n'est pas strictement de l'ordre de la métrologie, mais c'est un expert de l'articulation des problématiques scientifique, technique, politique et militaire, ce qui est précisément en jeu en 1964 avec la métrologie.

Pierre Salmon (1896-1981), quant à lui, est ingénieur général de l'armement, polytechnicien (X 1919), il est l'auteur d'un livre sur la *Métrologie industrielle* (1956)²⁷. Jean Debie (1907-1978) est un physicien, alors directeur du CEN Saclay, au sein du CEA (il le restera sur la période 1954-70) : notons qu'il sera le premier président du Bureau national de métrologie après sa création, en 1970. Les deux personnalités vraiment extérieures,

²⁵ [Archives du Cnam, Procès-verbal du conseil d'administration – 1964, p. 88.]

²⁶ Toutes les informations relatives à L. Denivel se trouvent dans sa biographie, in (Fontanon, 1994, pp. 395-402). Denivel a été nommé professeur au Cnam en 1941. Il a une activité très importante en chimie des textiles et macromolécules, une activité industrielle et de recherche continue. Il a été président de la Société de chimie industrielle, administrateur de groupes industriels comme Rhône-Poulenc, a participé au 2^e et 3^e Plan relatif à la Chimie, membre du Conseil supérieur de la recherche scientifique et du progrès technique (1954), dans les comités du Cnrs, pour ne citer que quelques-unes de ses attributions.

²⁷ (Salmon, 1956.)

Terrien et Debiesse, du fait de leur position (BIPM et CEA) au moment du groupe de travail, sont tout à fait essentielles pour comprendre la nature de la dynamique qui va se mettre en place.

On saisit déjà à travers les membres de cette commission que le secteur militaire, et le CEA en particulier, est particulièrement actif pour l'organisation de la Métrologie française dans son ensemble, et vigilant à ce que ses intérêts soient servis.

Un bilan sans concession

Que contient le rapport présenté au conseil d'administration du Cnam au final²⁸ ? En substance, il reprend beaucoup des points précédemment mentionnés (abordés au fil des conseils d'administration du début des années 1960), de manière synthétique et sans concession. Le groupe de travail insiste sur la trop grande dispersion du Laboratoire (qui accepte « tout »), qui gaspille son temps. Au contraire, il faudrait sélectionner, passer des conventions, décentraliser, à l'image de la délégation des références des grandeurs électriques au LCIE (Laboratoire central des industries électriques) signée en 1943²⁹.

²⁸ [Archives du Cnam, Procès-verbal du conseil d'administration – Annexe, 1964, pp. 88-97.]

²⁹ Le LCIE est réorganisé en 1942 sur la base du LCE (Laboratoire central d'électricité). Le LCIE a une vie et un développement tout à fait autonome du Cnam, en symbiose avec l'industrie électrique. Voir (Caron, 1991) et (Erard, 1995).

La facturation est inférieure aux coûts réels de la structure alors que la rentabilité pourrait être considérablement améliorée. Le LNE peine à conserver un personnel de qualité, avec le problème de la rémunération des agents largement insuffisante, et malgré les tentatives de « défonctionnariser »³⁰. Les ressources budgétaires par agent sont également trop faibles : 20 000 francs au LNE contre le double, voire le triple, au NPL ou NBS. La contribution de l'État est « seulement » de 50 % au LNE, alors qu'elle est bien plus forte au Royaume-Uni (89 %) ou aux États-Unis (96 %).

Ces constatations ont conduit le groupe de travail à considérer que l'équilibre financier ne pouvait être recherché pour l'ensemble du Laboratoire national d'essais. Si la rentabilité peut être totale dans certains secteurs, elle sera nulle ou presque dans d'autres domaines comme celui de la métrologie. C'est ainsi que s'est précisée l'idée d'un cloisonnement budgétaire et de la division du Laboratoire en secteurs différenciés ayant chacun leur budget propre.³¹

La question budgétaire est le sujet de préoccupation initial, le rapport fait un bilan clair sur ce point. Mais la réponse apportée et les préconisations qui suivront ne sont pas qu'une question de rééquilibrage de masses budgétaires, c'est ce qui se dessine et qui fait la portée du rapport. Car la question centrale, en définitive, est celle de l'articulation entre les

³⁰ La comparaison vaut avec l'industrie, mais aussi le CEA, où les agents sont payés 80 % de plus !

³¹ Souligné dans le texte original.

missions incombant jusqu'alors au LNE, entre les services (essais et contrôles) et la métrologie scientifique, tout particulièrement. Jean Terrien explicite clairement cette double perspective dans le compte rendu au conseil d'administration du Cnam :

[...] le rôle d'un laboratoire national de métrologie n'est pas seulement de fournir à l'industrie et à la recherche les étalons de mesure les plus exacts et les plus précis ; tâche que l'on désigne communément par l'appellation un peu impropre de « conservation des étalons ». Il doit être un centre de recherche scientifique orienté vers le perfectionnement de ces étalons qui est imposé à la fois par la précision croissante que réclament l'industrie et la recherche et par les possibilités nouvelles offertes par le développement scientifique. Cette recherche se fait en coopération avec l'aide des comités consultatifs auprès du Comité international des poids et mesures. Or, la contribution de la France au travail international a été presque inexistante au cours des dernières années. Sur 94 documents publiés entre 1958 et 1963, trois seulement sont imputables à notre pays dont aucun au Laboratoire d'essais. Il y a là une carence grave, extrêmement dommageable pour le prestige de la France, créatrice du Système métrique.

Le LNE est le sujet de l'audit, le point de départ des discussions du groupe, mais le groupe de travail entame déjà une réflexion sur la réorganisation possible d'une partie beaucoup plus large de la métrologie nationale. Concernant le LNE, la modification structurelle préconisée, pour mieux assurer ses missions, serait un changement profond qui se résume

dans la dénomination suggérée par les rapporteurs : le LNE pourrait prendre le titre d'« Institut national de métrologie, mesures et essais ».

Il deviendrait un institut du Conservatoire et resterait attaché par cet intermédiaire au ministère de l'Éducation nationale. Un lien serait établi également avec le ministère de l'Industrie et le ministère d'état chargé de la Recherche scientifique. Ainsi serait précisée sa triple vocation : institution scientifique, organisme de recherche, laboratoire d'essais et de contrôle. [...]

L'Institut serait doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière. Pour lui donner une plus grande souplesse de fonctionnement et lui permettre de répondre aux exigences d'une clientèle industrielle, il recevrait le statut d'établissement scientifique public à caractère industriel.

Ces pistes nous renvoient très directement aux points durs de toute l'histoire du LNE, à cheval entre plusieurs missions, plusieurs ministères, au statut administratif sans cesse débattu. Prenant en compte la crise financière et budgétaire, le groupe de travail préconise une redéfinition des modes de financement du Laboratoire, qui correspondrait au découpage en quatre (sous-) laboratoires.

À l'image des laboratoires équivalents à l'étranger, le budget du Laboratoire serait constitué des subventions de l'État, reçues par le canal du Cnam ; de subventions du CEA concernant les activités de métrologie nucléaire ; et des produits des essais

et contrôles réalisés, et irait de pair avec un abandon des activités non rentables. Le budget serait réparti en quatre budgets propres aux quatre laboratoires du projet : Laboratoire de métrologie générale, Laboratoire de métrologie nucléaire, Laboratoire d'essais et mesures, Laboratoire des contrôles légaux et estampillages.

Précisons les choix sous-jacents à ce nouveau découpage. Le Laboratoire de métrologie générale emploierait 40 à 50 personnes et deviendrait le correspondant direct du BIPM, celui qui manque pour représenter la France. Les recherches concerneraient le perfectionnement des étalons, la métrologie dimensionnelle, avec pour ambition de faire réapparaître la France dans la compétition internationale. Il serait entièrement subventionné par l'État. La perspective est tout à fait à l'image des réorganisations des secteurs scientifiques et techniques stratégiques des années 1960.

Le Laboratoire de métrologie nucléaire regrouperait 40 personnes environ, travaillant à la préparation et au contrôle des étalons radioactifs. Pour l'essentiel, il s'agit d'un projet de fusion, de regroupement des activités du LNE et de celle du Centre d'études nucléaires du CEA à Saclay. Ce qui explique l'idée d'un financement à 80 % par le CEA, complété par les produits des ventes de sources radioactives. Il y a là l'affichage d'un effort de rassemblement et mise en cohérence des forces, somme toute peu nombreuses, dans le domaine.

Le Laboratoire d'essais et mesures rassemblerait 80 à 90 personnes, et regrouperait les sections les plus actives et mieux équipées du LNE de 1964 : essais mécaniques, machines, thermique, acoustique, poussière et aérosols. La question de la poursuite des activités en chimie demande à être étudiée, et d'autres sections pourraient ouvrir en cas de besoin. De par la nature des activités de cette section, elle devrait vivre sur ses propres ressources, sans subventions.

Enfin le Laboratoire des contrôles légaux et estampillages regrouperait 40 personnes, dédiées aux contrôles imposés par la loi française (dont les thermomètres médicaux qui mobilisent beaucoup de ressources). Cette activité trouverait son financement courant dans les taxes de perception reversées par l'État, sans nécessiter de subventions.

Le pilotage de l'ensemble doit être renforcé, c'est le sentiment général. Aux côtés du directeur de cet Institut s'organiserait un comité directeur restreint (avec la direction du Cnam et des scientifiques éminents). Les activités seraient suivies par des conseillers scientifiques, à rémunérer pour cette tâche, pris dans le corps des professeurs du Cnam, de l'Université, ou du monde industriel.

Pour le comité, il s'agit de rassembler les forces, et d'ouvrir une coordination de l'ensemble des expertises en métrologie, par une politique de décentralisation. L'Institut serait chargé de faire le recensement des laboratoires et instituts

du territoire capables de faire des travaux d'essais de haute technicité, et de les mettre en coordination, sous la responsabilité du futur LNE/Institut, doublé d'une commission scientifique *ad hoc*, distincte du comité directeur du LNE.

Enfin, dernier point important, la question des salaires du personnel a fait couler beaucoup d'encre. L'attribution de salaires comparables à ceux de l'industrie est une condition d'une solution satisfaisante et serait envisageable par alignement sur l'EDF par exemple.

Le rapport de 1964, ce qu'il dit, ce qu'il est

Jean Terrien termine son rapport au conseil d'administration du Cnam par ces mots :

Au cours des discussions du groupe de travail, une idée essentielle s'est dégagée. Le Laboratoire d'essais est à un tournant de son existence. Il dispose de moyens importants, d'un matériel moderne, d'un personnel qui n'est dépourvu ni de qualité, ni de dévouement. Mais il ne pourra vivre et se développer que s'il renonce à une excessive polyvalence et si on réforme son organisation. Le groupe de travail a estimé qu'il fallait donner à ce Laboratoire, dont l'utilité n'est pas contestable, les moyens d'accomplir cette évolution. Mais il insiste sur la nécessité de rompre brutalement avec le passé et de prendre un nouveau départ.

Dans les mots et dans les esprits, le virage est pris. C'est l'effet de la réunion, pour la première fois, au Cnam, du LNE,

du CEA et du BIPM pendant un an. Tous les acteurs de la métrologie ne sont pas réunis à ce moment-là, puisque le LCIE et l'Observatoire par exemple sont hors de ce comité, pour une raison simple au départ : leurs activités ne recoupent pas celles du LNE de 1964. L'autre laboratoire important, et absent, est bien sûr le LCA, Laboratoire central de l'armement, nous y reviendrons.

C'est un point de rencontre singulier, le Cnam, à un moment singulier, la crise d'un laboratoire, qui conduit à réunir des acteurs éminents de la métrologie. Le rapport de 1964 montre également la méconnaissance des acteurs eux-mêmes de ce qui est produit en matière de métrologie au plan national (à commencer par les activités du LNE lui-même).

Dans les intentions affichées par le comité, le modèle promu est celui de l'intégration : il s'agit de mettre en place un système équivalent à ce qui existe ailleurs, aux États-Unis, Angleterre, Allemagne. L'intrusion du BIPM et de Jean Terrien n'est sans doute pas étrangère à cette perspective, lui qui a les yeux sur l'échelle internationale. Le LNE, au sein du Cnam, est alors perçu en 1964 comme pouvant devenir le pivot du système. C'est un écho à la situation de 1901, lors de la création du Laboratoire, moment où il aurait pu s'installer de manière hégémonique sur la métrologie et les essais, car il n'y avait pas d'acteur concurrent. En 1964, les acteurs sont nombreux et influents, la situation est très différente. En 1964, le LNE-Cnam peut prétendre

à un rôle de coordinateur, difficilement d'intégrateur : entre les préconisations, les pistes de 1964 et la solution BNM de 1969, interviendront justement toutes les parties prenantes. Ce moment de rencontre et de diagnostic, en 1964, est un acte fondateur qui va nourrir les épisodes suivants, ceux de l'invention d'une solution véritablement opérationnelle pour le LNE et l'ensemble de la Métrologie française.

Élaborer une solution nationale : mise en place d'une structure nationale inédite.

Si nous nous sommes focalisés jusqu'ici sur le Cnam et le LNE, il est clair cependant que l'élaboration de la structure nationale ne peut se comprendre qu'à une échelle plus large. D'abord parce qu'il faut inclure un second acteur impliqué très tôt dans la réflexion sur la Métrologie nationale, tout à fait indépendamment du processus interne au Cnam pendant un temps : la DRME (Direction des recherches et moyens d'essais) c'est-à-dire la direction qui pilote les recherches pour l'armée, en France. La construction associera ensuite, dans un second temps, une troisième instance de la coordination interministérielle de la recherche en France, la DGRST.

Parallèlement, il faut projeter l'ensemble de ce processus dans le contexte

national et international, qui constitue la toile de fond de la réorganisation. Car la restructuration de la Métrologie française est liée à la convergence d'impératifs à la fois circonstanciés au LNE, et congruentes aux dynamiques de long terme, à l'échelle nationale et internationale.

La métrologie au niveau international

Les évolutions de la métrologie à l'échelle internationale, engagées à partir de 1875, et très marquées dans les années 1960, constituent une première grande dynamique de fond. Le système métrologique international repose sur la « Convention du mètre », traité international signé en 1875, dont l'organe décisionnel est la Conférence générale des poids et mesures (CGPM), réunissant les membres de ce traité au BIPM à Sèvres. La première CGPM, tenue en 1889, a sanctionné les premiers étalons internationaux du kilogramme et du mètre. Le traité rassemble de plus en plus de nations, qui trouvent leur intérêt à se raccrocher au Système International d'unités (SI). Les travaux scientifiques et l'activité diplomatique, simultanés, à l'échelle internationale, sont intenses lors des CGPM qui se succèdent durant les années 1960. En 1960, une nouvelle définition du mètre est adoptée, première redéfinition depuis 1889 ; la définition de la seconde est modifiée par deux fois en 1960 puis 1967. Ces amendements successifs confèrent une certaine maturi-

té au Système International, qui ne cesse de s'étendre, de se mondialiser.

Dans cette période d'effervescence métrologique des années 1960 la France est relativement absente de tous les travaux scientifiques, hors du secteur des grandeurs électriques³². Le BIPM étant situé sur le territoire français, ce paradoxe ne manquera pas de marquer les esprits lors des débats organisés, à l'échelle de la France, au sujet de la restructuration du système national.

Une autre organisation internationale se met en place parallèlement : le CODATA (Committee on Data for Science and Technology), visant l'échange, le partage de données scientifiques et de constantes fondamentales. Le CODATA est instauré en 1966 et sa première assemblée générale se tient en France, avec pour autres membres fondateurs, l'Allemagne, les États-Unis, le Royaume-Uni, le Japon, l'URSS (viendra ensuite le Canada). La première grande conférence internationale CODATA est organisée en 1968, en Allemagne. L'événement est marquant à plusieurs titres. D'abord parce que des représentants des métrologies de différents pays sont représentés (PTB pour l'Allemagne, NPL pour le Royaume-Uni, NBS pour les États-Unis), mais que personne ne peut représenter une Métrologie française non suffisamment

organisée. Par ailleurs, un des rares participants français est Georges Denègre, dont l'action pour la structuration de la Métrologie nationale sera déterminante : c'est à l'occasion de ce CODATA qu'il peut observer les dispositifs à l'étranger, pour nourrir le projet. Il est confronté tout particulièrement au système allemand, pays hôte, où l'enseignement de la métrologie trouve une place croissante dans les universités techniques. À ce CODATA, Denègre est délégué pour la DRME : nous verrons dans la suite de l'article à quel point cela est significatif de l'intérêt militaire pour ces questions, dans la période gaullienne.

Le contexte national et européen

La pression pour la restructuration du système français n'est pas uniquement liée aux évolutions et convergences des références à l'échelle internationale. C'est bien parce que l'organisation métrologique est perçue comme une nécessité du développement industriel que le mouvement se met en marche. Au niveau économique, politique et industriel, la pression se fait sentir et plusieurs dynamiques se mettent en place.

D'abord en période de croissance économique et industrielle, les Trente Glorieuses, la demande pour des études, pour des essais, pour des étalonnages est croissante : c'est un des facteurs qui conduit le LNE du Cnam en situation de crise. À une autre échelle, la construction européenne, encore débutante, incite les

³² Le LCE est représenté au Comité consultatif d'électricité, au sein du BIPM. Paul Janet, fondateur du LCE, a été le premier président de ce CCE, créé en 1927.

pays de la CEE/CECA à des rapprochements économiques, politiques, qui toucheront la métrologie à un moment ou un autre. La convergence européenne est un horizon déjà intégré dans l'agenda de nombreux acteurs de la métrologie (qui ont les yeux rivés à l'international, de par la nature même de la métrologie). Or, les systèmes allemand et anglais existent, sont solides, mais n'ont pas d'homologues en France.

C'est durant la période gaullienne (1958-69) que le relais sera pris, au plan politique : le diagnostic des moyens métrologiques nationaux réalisé en 1967 (que nous allons détailler dans la suite) conduira à la construction des solutions *ad hoc* dans les deux années qui suivront. Cet effort pour la métrologie est tardif dans les décisions concernant le développement scientifique et technique, qui est une des priorités nationales, sous de Gaulle³³. Les priorités bien connues de cette période sont l'atome, l'aéronautique, l'informatique : réorganisation du CEA, création du CNES (1961), lancement du « Plan Calcul » (1966) en vue de la création de « champions nationaux » et de structuration d'établissement comme l'IRIA (Institut de recherche en informatique et automatique). L'organisation de la métrologie s'inscrit dans cette veine, avec la même volonté politique d'organisation et de développement. La démarche engagée en métrologie bénéficie en outre des

outils ayant permis d'œuvrer pour une politique scientifique et technique, mise à l'épreuve dans les structures mentionnées. Deux structures sont essentielles dans les manœuvres pour la métrologie : la DRME (Direction des recherches et moyens d'essais) et la DGRST (Délégation générale à la recherche scientifique et technique) créées en 1961. Nous sommes bien dans un régime qualifié de « fordiste » (Bonneuil, 2013) caractérisé par un rôle majeur pris par l'État dans la régulation économique, par la planification, et dans une période de croissance forte, qui se concrétise par cette redynamisation, perçue comme nécessaire, de la Métrologie française.

Les « actions concertées » et diverses actions interministérielles sont les outils qui conduiront à la création du BNM. Les premières « actions concertées » portant sur l'instrumentation scientifique sont inaugurées en 1964 par la DGRST³⁴. La première vague de financement est concomitante d'un travail de repérage, d'état des lieux sur la conception des instruments scientifiques en France³⁵. Dans un second

³³ Voir par exemple : (Pestre, 1996), (Duclert, 2001), (Jacq, 2002) et (Bonneuil, 2005).

³⁴ Voir les Rapports sur les actions concertées de la DGRST, publiés dans les volumes « Le progrès scientifique », Paris, La documentation française – en particulier, ceux de 1967-68 pour le contrat.

³⁵ « Le progrès scientifique » n° 110 – juillet 1967 – « À propos des instruments de mesure destinés aux laboratoires de recherche » (par M^{me} Moralès-Nieva et M. Michel Désécures) pp. 32-36 : les auteurs montrent le contexte de concurrence dans lequel se trouve le secteur de l'instrumentation en France, et insiste sur la définition d'une politique scientifique et technique spécifique à ce secteur.

temps, les actions sont recentrées sur un certain nombre de priorités : spectrométrie, micrométrie, moyens d'analyse et basses températures. Notons que le Cnam bénéficie dès 1966 d'un financement, pour des travaux d'étalonnage de sondes au germanium à basse température, au LNE³⁶.

Le LNE à l'ordre du jour du conseil d'administration du Cnam

Sur cette toile de fond, la première arène des débats relatifs à la Métrologie nationale est le conseil d'administration du Cnam, saisi par la crise du LNE et les discussions autour du rapport de 1964. Pourquoi le sujet est-il si important ? Pour une raison simple au fond : le LNE est une entité structurante du Cnam et, surtout, il représente environ les deux tiers de sa masse salariale³⁷.

³⁶ En 1970, l'action est reconduite, et sera cette fois inscrite dans l'équipe de l'Institut national de métrologie, non plus étiquetée LNE au niveau de la DGRST : « Rapport d'action concertée 1970 » – Numéro spécial, mai 1971, numéro 1 – « Instruments de mesure scientifique ». L'équipe du LNE, puis INM, qui reçoit ce contrat est dirigée par A. Moser et G. Bonnier. À noter qu'en 1970, au bilan d'étape, l'instance DGRST ne manque pas de souligner une carence concernant la métrologie dans ce domaine des basses températures : même si toutes les garanties de soin et de sérieux sont réunies au laboratoire, « *on peut seulement regretter que le rythme d'exécution ne soit pas plus rapide. En dépit des efforts réels qui ont été dépensés dans ce sens, il faut y voir une conséquence des difficultés rencontrées pour renforcer l'équipe de recherche en spécialistes valables.* » (p. 17).

³⁷ Évaluations faites sur la base des Rapports d'activité du LNE et du Cnam, sur la période 1960-67. [Archives du Cnam, Procès-verbaux du conseil d'administration – 1960-67.]

Soulignons que, dans la période qui nous occupe, le conseil est présidé par René Mayer³⁸ : homme politique important, ancien ministre, ancien président du Conseil de la IV^e République, il avait succédé à Jean Monnet à la présidence de la CECA (Communauté européenne du charbon et de l'acier). Il a également été PDG de sociétés industrielles, mais n'est pas particulièrement informé des questions de métrologie. Il saisit cependant rapidement que la question est importante, afin de ne pas entraver le développement économique et industriel français, avec en arrière-plan la perspective européenne. Il fait donc en sorte que les débats puissent pleinement suivre leur cours au sein du conseil d'administration.

L'événement qui va s'avérer décisif dans l'orientation des débats et des décisions est l'entrée de Pierre Aigrain dans ce conseil d'administration, en 1965. Pierre Aigrain est alors directeur de l'Enseignement supérieur, il rentre au conseil d'administration à ce titre³⁹. Peu de décisions engageantes pour l'institution sont prises avant 1967, si ce n'est de combler le déficit du LNE qui se creuse.

³⁸ Site de l'Assemblée Nationale, consulté le 2 mai 2015 [http://www.assemblee-nationale.fr/sycomore/fiche.asp?num_dept=5138]. Mayer a été président du Comité permanent de la Sofina (Société financière de transports et d'entreprises industrielles), président de la Société du nickel, dont les principaux actionnaires sont la Banque Rothschild et la Banque de l'Indochine, président de la Société de recherche pétrolière, Eurafrep SA, administrateur des Grands travaux de Marseille, etc.

³⁹ [Archives du Cnam, Procès-verbal du conseil d'administration – 21 mai 1965.]

C'est un moment néanmoins important car Aigrain se trouve aux premières loges de la crise du LNE et des déficits de plus en plus avérés de la Métrologie nationale⁴⁰. Il a très probablement eu copie du rapport de 1964, en préliminaire à ces séances⁴¹.

Les conclusions du comité de 1964 vont faire leur chemin, jusqu'en 1967, moment où le conseil d'administration choisit de transformer effectivement le LNE, et donc la structure interne du Cnam (de par sa taille, le LNE est structurellement trop important pour être évacué sans redéfinition du statut de l'établissement entier). Maurice Bellier est prolongé pour deux ans à la tête du LNE⁴², et désigné pour assurer cette mission de transformation du LNE en « Laboratoire national de métrologie et d'essais ». En qualité de directeur de l'Enseignement supérieur, Aigrain agit au conseil d'administration et en direct avec le nouveau directeur du Cnam,

Paul Guérin⁴³, pour la création d'une chaire au Cnam dédiée à la métrologie. Au conseil d'administration de 1967, même s'il n'est pas présent, la position de la direction de l'Enseignement supérieur, sa position est-on tenté de dire, est affichée : accord global avec le rapport de 1964 et « *priorité absolue à la recherche métrologique* »⁴⁴.

Pierre Aigrain est le personnage clé du passage de ce contexte circonscrit au Cnam, vers les instances qui pilotent l'action de politique scientifique nationale. Car Aigrain a été directeur scientifique de la DRME de 1961 à 1965 (ministère des Armées), puis directeur de l'Enseignement supérieur jusqu'en 1967 puis délégué général à la Recherche scientifique et technique (DGRST) à partir de 1968. Or, c'est bien au sein de la DRME et du Cnam, puis en concertation avec la DGRST que se joue la reconfiguration, à l'échelle nationale, de la métrologie.

40 Pierre Aigrain est présent aux conseils d'administration successifs : 21 mai 1965, 24 septembre 1965, 19 novembre 1965. Il assiste aux échanges postérieurs aux discussions sur le rapport sur le LNE, mais le dossier est loin d'être clos : le déficit se creuse, les demandes de personnel supplémentaire pour le LNE sont refusées, Aigrain a un condensé de la crise du LNE.

41 Les résultats du groupe de travail de 1964 ont été diffusés, et en particulier transmis à la Direction des Enseignement supérieur. Aigrain arrive à cette direction en 1965. Étant donné toutes ces circonstances il est très hautement probable qu'il ait lu ce rapport.

42 Bellier est prolongé jusqu'en décembre 1969, soit deux ans au-delà de sa cessation d'activité programmée en 1964 [Archives du Cnam, Procès-verbal du conseil d'administration – 1967].

La métrologie, sujet civil et militaire, pour la DRME

En effet, de manière très probablement assez détachée de la crise au LNE à ses tout débuts, la DRME organise un groupe de travail et commande un

43 Lettre du 13 juin 1967 à Paul Guérin. Paul Guérin a été nommé directeur du Cnam en novembre 1965.

44 [Archives du Cnam, Procès-verbal du conseil d'administration – 1967.]

rapport en 1966 sur l'état de la métrologie en France : le contrat correspondant et la rédaction du rapport sont pris en charge par l'ingénieur Émile Fromy⁴⁵. Cette commande n'a rien de surprenant en soi. L'intérêt du ministère des Armées, de ses scientifiques et techniciens (les physiciens Lucien Malavard, président de la DRME, et Pierre Aigrain, au premier chef) pour la métrologie et les instruments de mesure n'est pas une surprise, et n'est certainement pas nouveau.

La mission de la DRME est claire, il s'agit « *de déceler et d'intensifier les travaux dits de pointe, susceptibles d'orienter à long terme la politique d'armement de la Nation* »⁴⁶. La DRME a été créée au sein de la DMA (Délégation ministérielle pour l'armement), elle dispose également de la tutelle sur l'Office national d'études et de recherches aérospatiales (ONERA)⁴⁷. Comme l'explique Vincent Duclert⁴⁸, la DRME se calque

sur le modèle de la DGRST et devait permettre de surmonter le phénomène historique d'autonomie et de concurrence des trois armes ayant développé leurs propres structures de recherche, de dépasser le niveau technique de développement des prototypes et de la production des armements pour viser à une véritable politique de la recherche. Il s'agit de créer une organisation moderne et cohérente pour un secteur stratégique, représentant 36 % du financement public de recherche et de développement en 1965. Par le biais de sa direction des recherches scientifiques, la DRME agit en étroite collaboration avec la DGRST. Pierre Aigrain le rappelait lui-même en 1987 : « *La DRME a joué un rôle important dans ces années-là, grâce à une grande liberté d'action permise par une croissance soutenue des moyens d'intervention financiers. Elle bénéficiait également d'une très grande souplesse d'action. La DRME pouvait faire ce que le CNRS commençait, déjà, à ne plus pouvoir faire lui-même* »⁴⁹.

Les articulations entre recherche et équipements, entre civil et militaire prennent des proportions nouvelles avec la DRME. La DMA a une responsabilité dans la définition de la politique scientifique, une action d'orientation et de pilotage des recherches à caractère militaire et une activité de financement qui leur est corrélée. Ce co-pilotage et co-financement s'exerce au niveau national dans

⁴⁵ Émile Fromy (1898-1987) est un spécialiste des mesures en radiotechnique et aéronautique. Il est ingénieur de l'École supérieure d'électricité. Le rapport est publié sous la forme d'un *Répertoire des moyens métrologiques en France : Laboratoires officiels* (Fromy, 1967).

⁴⁶ (Duclert, 2001, p. 656 et suivantes.) Aigrain le formule ainsi : « *L'activité de la DRME est [...] une activité de recherche de base et de recherche technique avec comme objectif de stimuler les travaux susceptibles d'orienter à long terme la politique d'armement de la nation.* » Intervention de Pierre Aigrain le 27 avril 1987 à l'Université Paris 1. Site Histcnrs, consulté le 2 mai 2015 [<http://www.histcnrs.fr/archives-oraales/aigrain.html>].

⁴⁷ (Pestre, 2001.) Le CEA, dépendant du même ministère, n'entre pas dans ce giron, il garde son autonomie et ses prérogatives sur la recherche en sciences nucléaires, pour le civil comme le militaire.

⁴⁸ (Duclert, 2001.)

⁴⁹ Intervention de Pierre Aigrain le 27 avril 1987 à l'Université Paris 1. Site Histcnrs, consulté le 2 mai 2015 [<http://www.histcnrs.fr/archives-oraales/aigrain.html>].

de nombreux domaines scientifiques, notamment la métrologie.

Le répertoire spécifique sur la métrologie et les moyens d'essais lancé en 1966 par Fromy s'inscrit dans la continuité d'une précédente enquête : en 1962-63, la DRME avait entrepris de détecter et répertorier les recherches scientifiques et techniques propres aux armées ou intéressant l'Armée. La DRME finance par ailleurs nombre de projets de recherche en métrologie, sur tout le territoire⁵⁰. L'enquête nationale élargie, cette fois-ci pilotée par l'« action concertée BNM » (cf. *supra*) et menée au deuxième semestre de 1968 montre clairement le degré d'investissement militaire dans les laboratoires ou structures de la métrologie (l'enquête est une photographie de la période 1967-69)⁵¹. La DRME ne finance pas seule un contrat de recherche. Les contrats sont des occasions de collaborations avec la DGRST, le CNRS et le CEA dans la majorité des cas, et avec la CFTH (Compagnie française Thomson-Houston) ou la CSF (Compagnie

générale de télégraphie sans fil⁵²) quand il s'agit de contrats très tournés vers des applications.

À cela, il faut ajouter qu'il existe au sein de l'Armement un laboratoire qui travaille en métrologie, le Laboratoire central de l'armement (LCA), qui regroupe 120 personnes : 30 personnes pour la « métrologie recherche » et 90 pour la « métrologie applications ». De par la taille de ce service de métrologie, le LCA est un acteur essentiel, mais, hors du champ civil, il ne figure dans l'enquête du BNM qu'à titre indicatif.

Dans la distribution des financements, la DRME est omniprésente pour certaines activités métrologiques, et totalement absente dans d'autres. Le dispositif est piloté par le département « Équipements – Mesures – Informatique »⁵³. Les champs où la DRME est particulièrement impliquée sont : la radiométrie (et tout ce qui touche à la radioactivité, dont s'occupent le CEA et le LCA), la photométrie (avec

⁵⁰ [Archives du Service historique de la Défense, 14R19, Rapport d'activité de la DRME 1963]. Autre exemple à la fois anecdotique et significatif, en 1964, la DMA finance un centre d'étalonnage pour le LCIE, offrant aux armées, et aux industriels, une gamme étendue d'intervention et d'étalonnage, notamment dans le domaine des Hautes Fréquences. Ce qui a contribué à dynamiser la dissémination de la métrologie dans les entreprises, une conséquence qui dépasse la stricte intention technique initiale (Erard, 1995, p. 59).

⁵¹ Les chiffres donnés dans la suite sont repris de l'enquête du BNM sur l'état actuel de la métrologie en France (BNM, 1968).

⁵² Ces deux structures, qui ont des activités de production civiles et militaires, fusionnent en 1968 pour donner le groupe Thomson-CSF, aujourd'hui appelé Thalès. Il faut souligner que les divisions Recherche sont très importantes à l'intérieur même de ces groupes, et sont en contacts étroits avec des scientifiques français de premier plan (Maurice Ponte, Louis Néel, Yves Rocard...).

⁵³ [Archives du Service historique de la Défense, 14R19, Rapports d'activité de la DRME 1965-66 ; 14R25, Rapport d'activité DRME 1967 et 14R26, Rapport d'activité DRME 1968]. En 1968, le département est transformé et regroupé avec d'autres activités dans un département « Mathématiques – Informatique – Guidage ».

le CNRS), la métrologie dimensionnelle par interférométrie (avec la CFTH), la stabilisation en fréquence des lasers (avec la CFTH et le LCA), la métrologie des pressions (hautes pressions et ultravide au LCA⁵⁴), les références en « Temps » (avec le Laboratoire de l'horloge atomique d'Orsay, et la CFTH), les mesures en température (qui se développe surtout avec le CNRS, en cofinancement de la DGRST, aussi bien pour les très basses températures que pour la pyrométrie). Tout ceci est corrélé aux intérêts militaires et au besoin de soutien dans tel ou tel domaine considéré en retard, ou sous-développé : électronique, lasers, systèmes aéronautiques et aérospatiaux, ambiance « spatiale », pour n'en citer que quelques-uns⁵⁵.

La DRME est à la fois un point névralgique de cette réorganisation et à l'arrière-plan, discrète et efficace, ainsi qu'elle est souhaitée par Lucien Malavard et Pierre Aigrain. Dans ce processus, il faut souligner l'action de George Denègre (1920-2011), à la

DRME, qui s'occupe justement du département « Équipements – Mesures – Informatique ». Observateur, analyste, mais non pas acteur de la métrologie⁵⁶, il a cette distance qui lui permet de considérer la situation, complexe, de manière moins technique et plus organisationnelle. Denègre entre, en 1961, à la DRME, dans une toute jeune structure, qui cherche encore sa place et à définir ses missions. Il est ingénieur contractuel, affecté à la sous-direction technique des moyens d'essais. Ses compétences techniques, en mesure et en équipements, lui valent d'intégrer le groupe « Équipement » de la DRME.

Dans le cadre de cette mission à la DRME, il multiplie les voyages d'observation, de formation, pour cerner ce qui se fait dans les autres pays. Il visite les structures métrologiques aux États-Unis, en Angleterre, voyage en Allemagne à l'occasion du CODATA. Il observe pour

⁵⁴ Le département « Équipements – Mesures – Informatique » a fortement soutenu le LCA, depuis 1962, dans la création d'instruments (manomètre interférentiel, construits avec la société Jaeger et déposé au BIPM), d'une chaîne de mesure puis d'un laboratoire d'expérimentation en ultra-vide [Archives du Service historique de la Défense, 14R19, Rapports d'activité de la DRME 1966, p. 181].

⁵⁵ L'action concertée Électronique, conjointe DRME/DGRST a été une action importante pour construire des modes de collaboration, repris dans les actions conjointes par la suite. Voir aussi la liste des objectifs et projets à l'échelle nationale [Archives du Service historique de la Défense, Département « Équipements – Mesures – Informatique » / Programme 1968, 14R26].

⁵⁶ Pour bien saisir la nature de son implication, résumons en quelques mots son parcours. Engagé dans la Marine à 18 ans, technicien aéronautique pendant l'Occupation, il rentre à l'ONERA en 1947. Cette première partie de carrière entre Marine et Aéronautique, le conduit à un poste d'ingénieur à la SEPR (Société d'étude pour la propulsion par réaction), affecté au Service des mesures. En 1956 il change d'activité, rentre au CEA, dans le service technologique, occupé sur le développement en cours des réacteurs nucléaires expérimentaux. Lorsque s'organise au niveau européen la coordination des efforts de recherche sur l'énergie nucléaire, il postule pour intégrer l'Euratom : il se trouve propulsé au niveau européen en 1960 pour organiser des équipes internationales. Ce poste est assorti de beaucoup de missions d'études et d'échanges avec les pays européens, les États-Unis, le Canada, ce qui lui donnera beaucoup d'atouts pour son action future à la DRME et au BNM. Nous tirons l'essentiel de ces informations de son récit autobiographique (Denègre, 2013).

la DRME et commence à projeter des organisations nationales pour la Métrologie française, équivalentes aux autres concurrents/partenaires en métrologie. Il devient progressivement la cheville ouvrière du dispositif national lancé sur les rails en 1968, et qui aboutit au décret de 1969 instituant le BNM.

La création officielle du Bureau national de métrologie

Pour préciser le passage de témoin de la DRME à la DGRST d'une part, et la rencontre avec les débats au sein du Cnam, d'autre part, dressons un rapide tableau chronologique de la création du BNM. Le premier projet de « Bureau français de métrologie » est soumis en mai 1968 à la Défense nationale, porté par Georges Denègre (et Pierre Aigrain) à la DRME : on comprend aisément que le contexte ne se prête pas à une mise en œuvre immédiate. Il faudra pratiquement un an avant de signer le décret de création, le 29 mai 1969. Ce projet de Bureau français de métrologie contient les idées-forces du futur BNM, et reprend en synthèse les conclusions des rapports qui ont été rédigés sur la situation française depuis 1964.

Il s'agit de construire une structure légère permettant de fédérer laboratoires et organismes en charge de la métrologie scientifique, essais et étalonnage. Elle devra soutenir la comparaison avec les autres structures de métrologie. Ce Bureau sera placé sous la responsabi-

lité de la DGRST, le civil donc, avec un comité de direction (incluant des représentants des composantes de la métrologie existantes), un comité scientifique et un secrétariat général pour l'exécution. Il sera présidé par Jean Debiesse, le pilote du groupe de travail sur le LNE de 1964, sur la période 1970-72.

En attendant de convaincre les différents ministères impliqués de signer le décret, sans compter la démission du gouvernement de Georges Pompidou fin juillet 1968 et la relance du projet dans le circuit interministériel du gouvernement de Maurice Couve de Murville, la DGRST initie ce qui est un « Bureau provisoire de métrologie ». En effet, une « action concertée » est lancée, avec coopération les deux autres acteurs du dossier : le financement est pris en charge par la DRME, la DRME participe elle-même à l'organisation de l'action, et le Cnam est le lieu physique où s'installe ce Bureau (son secrétariat général et son premier secrétaire général, Georges Denègre).

L'« action concertée » en métrologie, interministérielle, est construite sur un modèle qui a fait ses preuves. Elle inaugure également la première grande enquête nationale visant à faire l'état des lieux précis de toutes les actions, laboratoires, projets de recherche touchant à la métrologie. Le LNE est mal connu, on imagine facilement que le nombre, la qualité et les sujets des projets concernant la métrologie à l'échelle nationale le sont encore moins. Le processus d'enquête est lancé en juillet 1968, les résultats sont

présentés en décembre 1968⁵⁷. Tous ces processus aboutissent au décret n° 69485 du 29 mai 1969 instituant le Bureau national de métrologie, qui a déjà commencé le travail de terrain.

La Chaire de métrologie au Cnam et la naissance de l'INM

Les projets et les décisions reviennent régulièrement en discussion dans l'enceinte du Cnam, du fait, toujours, de la question LNE. L'année 1967, nous l'avons esquissé, inaugure les réelles transformations du LNE et du Cnam en matière de métrologie. Le changement est rendu possible et même impératif au Cnam pour plusieurs raisons. Le professeur Pierre Fleury (1894-1976) va quitter ses fonctions et prendre sa retraite au 13 octobre 1964, c'est annoncé⁵⁸ : il était entré au Cnam pour enseigner la métrologie en 1932, nommé professeur du Cnam en 1936 (Chaire de physique générale dans ses rapports avec l'industrie)⁵⁹. L'autre départ annoncé est

celui de Maurice Bellier⁶⁰, professeur du Cnam (Chaire d'électricité industrielle)⁶¹ depuis 1957 et directeur du LNE depuis 1949, dont la fin des fonctions est prévue pour 1967. Le LNE entrant dans une phase de crise et de transition se posera rapidement la question : faut-il confier une mission à Maurice Bellier pour assurer cette transition (en retardant l'heure de sa retraite) ou saisir l'occasion de passer le relais ? Le choix sera fait de prolonger Maurice Bellier⁶².

Le processus de redynamisation de la métrologie scientifique au Cnam est engagé par la création de la Chaire de métrologie et la recherche d'un professeur pour ce poste. C'est une pièce stratégique du puzzle, car l'enjeu est de développer l'enseignement et la recherche en métrologie, au Cnam et avec un horizon national, cela sans attendre une organisation nationale interministérielle.

La demande de création de la Chaire en 1967⁶³, à pouvoir pour le 1^{er} octobre 1967, est explicite : « *Aucune chaire de métrologie n'existe officiel-*

⁵⁷ Voir l'*Enquête sur l'état actuel de la métrologie en France*, 1968 (BNM, 1968).

⁵⁸ Notice Pierre Fleury dans le *Dictionnaire des professeurs du Cnam* (Fontanon, 1994).

⁵⁹ Voir le texte de C. Fontanon et L. Petitgirard, ainsi que celui de M. Lecollinet consacré aux enseignements de métrologie, dans ce dossier. On trouvait ainsi des cours de métrologie dans les cursus de physique du Cnam bien avant la création d'une chaire dédiée à la métrologie. Cependant, l'activité de Fleury était pour l'essentiel tournée vers l'Institut d'optique dont il est directeur depuis 1945 (après le décès de Pierre Fabry) : Fleury s'inscrit dans une tradition française de l'optique qu'il s'est employé à développer.

⁶⁰ Maurice Bellier est né en 1901, il prend sa retraite du Cnam en 1973, après plusieurs prolongations.

⁶¹ Annexe avec CV de Maurice Bellier, candidat à la Chaire d'électricité industrielle [Archives du Cnam, Procès-verbal du conseil d'administration – 1957].

⁶² Arrêté du 5 décembre 1967, qui confie la mission de restructuration à Maurice Bellier jusqu'au 1^{er} décembre 1969 [Archives du Cnam, Procès-verbal du conseil d'administration – 1967].

⁶³ Lettre du directeur du Cnam au ministre de l'Éducation nationale, du 12 avril 1967 [Archives du Cnam, Dossier de vacance de la Chaire de métrologie – 1967].

lement en France ». « *Le professeur de métrologie du Conservatoire aura la triple tâche de donner un enseignement de métrologie, d'animer un laboratoire de recherche fondamentale, de coordonner les activités du service de métrologie du Laboratoire national d'essais* ». On peut estimer que la position de Michel-Yves Bernard (1927-2005) a fortement pesé dans la définition du périmètre de la Chaire. Physicien, professeur du Cnam, titulaire de la Chaire de radioélectricité, il est élu au conseil d'administration : c'est une personnalité scientifique et politique forte, au Cnam et dans les ministères qui ont pris en charge les universités. Au conseil de perfectionnement du 14 mars 1967, il se fait le porte-voix du fait qu'il incombe au futur professeur une action de coordination forte en métrologie (sur le modèle américain du « type NBS »). Ce ne sera pas la solution choisie *in fine*, mais cette ligne est le prolongement du rapport de 1964. Au terme du processus, c'est André Allisy qui est recruté comme professeur⁶⁴.

⁶⁴ Il l'emporte avec 43 voix sur 53 suffrages exprimés au conseil de perfectionnement ; 14 voix sur 18 au conseil d'administration, pour être présenté en première ligne. Toutes les étapes, les échanges et les débats autour des trois candidatures à la Chaire mériteraient de longs commentaires. Les deux personnes clé dans la conduite des débats sont manifestement M.-Y. Bernard, surtout au sein du conseil de perfectionnement, et Jean Debiecse au niveau du conseil d'administration. André Allisy l'emporte sans contestation possible face à des candidats perçus comme trop âgés pour assurer une tâche dont l'ampleur est estimée à au moins 10 ans de travail. Les deux autres candidats sont M. Bassière et M. Defix. M. Bassière, né en 1907, ingénieur, à l'ONERA en 1947, responsable des « Instruments de mesure » de 1950 à 1961, puis responsable des laboratoires du Centre technique des industries mécaniques. Il a 60 ans au

En 1967, une nouvelle organisation du LNE, reprenant les conclusions du groupe de travail de 1964, se préfigure : un service général, un Institut national de métrologie, trois départements. L'INM serait un institut du Conservatoire, dont la direction scientifique serait assurée par le professeur titulaire de la Chaire de métrologie du Cnam. Il serait entièrement subventionné par l'État. Un autre département serait dédié à la recherche industrielle (sur contrats et avec des subventions), un département « Essais et mesures industrielles » pour réaliser les opérations de normalisation et certifications, avec des subventions possibles du ministère de l'Industrie. Un troisième département serait dédié aux contrôles légaux et estampillages, pour exécuter les contrôles imposés par la loi française, comme le contrôle des thermomètres médicaux.

Après la titularisation d'André Allisy à la Chaire de métrologie, le projet d'INM se précise⁶⁵. Il est prévu que l'INM soit créé au sein du LNE (utilisant les services administratifs et

moment de sa candidature au Cnam. Defix, né en 1912, a fait toute sa carrière au Service des instruments de mesure du ministère de l'Industrie, il a eu des responsabilités dans l'École supérieure de métrologie, il a une carrière de responsable, d'ingénieur et d'enseignant, moins de chercheur, ce qui lui vaudra d'être mis rapidement hors course dans le processus de sélection. [Archives du Cnam, Dossier de vacance de la Chaire de métrologie – 1967.]

⁶⁵ Le premier projet de décret est présenté au conseil de perfectionnement le 23 avril 1968, puis discuté à nouveau le 15 octobre 1968, après l'arrêté signé le 2 octobre concernant la création de l'INM.

techniques du LNE), en séparant donc de fait Recherche et Essais/Contrôles, en deux services différents d'un même laboratoire. La direction scientifique de l'INM serait assurée par le professeur titulaire de la Chaire de métrologie. Il lui incomberait les tâches de recherche sur les étalons et de doter le LNE, prioritairement, des instruments de transfert adéquats.

Pour piloter l'INM une commission technique serait également constituée réunissant, outre son directeur: le président du BNM, un représentant du BIPM, le chef du Service des instruments de mesure du ministère de l'Industrie, la direction des Enseignements supérieurs (un représentant), la direction générale du CNRS (un représentant), la direction générale de la DRME (un représentant), le directeur du LNE, deux professeurs du Cnam (nommés par le directeur du Cnam), des représentants des autres laboratoires de métrologie publics ou privés, sur proposition du directeur du Cnam.

Lors de la séance du conseil de perfectionnement du 15 octobre 1968, Guérin annonce la création de l'INM par arrêté du 2 octobre 1968. L'arrêté ne passera pas l'échelon suivant: le décret n'est pas signé par le ministre de l'Éducation nationale, Edgard Faure, l'INM reste entre deux eaux jusqu'en 1989! Difficile de trouver une explication à cette non-conclusion, mis à part le fait que ce projet arrive en plein milieu d'une autre affaire certainement plus importante aux yeux du ministère: la « Loi Faure » qui restructure

l'ensemble du paysage de l'enseignement supérieur français⁶⁶.

Le processus politique et administratif autour de l'INM n'ayant pas été poussé tout à fait à son terme, cela ne facilite pas le démarrage de l'INM, en recherche de légitimité à l'intérieur même du Cnam. Dans la plupart des esprits, et en dehors du Cnam en particulier, l'Institut existe bel et bien. L'échafaudage est en quelque sorte consolidé par sa présence à part entière dans le BNM, par la restructuration du LNE en cours qui lui laisse une place en interne, et le tout est soutenu par la dynamique qu'Allisy est en train d'instaurer. Depuis 1964 et le lancement de l'idée d'un laboratoire consacré aux questions de métrologie scientifique au LNE, ce projet reste, en revanche, en interne au Cnam et au sein du LNE, un point de crispation. Lorsque Guérin avait présenté au conseil de perfectionnement le 23 avril 1968 le projet de création de l'INM, une interrogation avait d'ailleurs été immédiatement soulevée: comment se déroulerait l'arbitrage entre l'INM et le LNE en cas de désaccord? La réponse de Guérin: « *De toute façon, le directeur du Conservatoire étant directeur de*

⁶⁶ Après les événements de mai 1968, Edgard Faure avait hérité du ministère en août 1968 et au cours du mois de novembre il lance sa loi d'orientation, qui recueille l'assentiment (presque général): la loi Faure, du 12 novembre 1968, introduit une nouvelle gestion des établissements d'enseignement supérieur, met un terme aux facultés, remplacées par des unités d'enseignement et recherche. Pour un aperçu des mutations importantes opérées par cette loi, voir (Prost, 1989).

l'Institut, il aura, en cas de conflit, l'autorité nécessaire pour arbitrer ».

L'idée d'en faire un institut de sciences appliquées du Cnam (c'est ainsi que le projet est avancé dans les termes du Cnam), placé dans le LNE, contribue à amplifier cette tension. La relative démotivation du projet par la non-signature du décret, en ajoute encore. Le flou s'installe progressivement sur l'année 1968 : l'INM est-il un laboratoire du LNE comme les autres services du LNE, ou un institut du Cnam qui est en surplomb du LNE ? Toutes ces ambiguïtés au départ du projet ne manquent pas d'alimenter les interrogations sur l'avenir du LNE au Cnam, pris dans une crise au long cours.

Parallèlement, après l'annonce du lancement de l'« action concertée » BNM par la DGRST, Michel-Yves Bernard suggère qu'elle n'échappe pas au Cnam, que le Cnam devienne le point d'accueil et de développement de l'« action concertée », le tout au sein du LNE. Michel-Yves Bernard a toujours en tête le modèle du NBS, celui d'une fusion et d'une concertation entre les principaux laboratoires de métrologie français : dans ce cas le LNE a la légitimité nécessaire et suffisante pour devenir le NBS français. C'est ainsi que le Cnam accueille, *in fine*, le secrétariat général du futur BNM. Le Cnam est présent au comité de direction du BNM et c'est l'Institut national de métrologie, encore en gestation au sein du LNE, qui figure à son conseil scientifique, en son nom propre (INM) et non au titre d'une représentation du LNE.

Une nouvelle direction pour le LNE

En 1969 se pose la question de la succession de Maurice Bellier, qui dirige le LNE depuis 1949, et après prolongation de deux années. Le futur directeur se voit confier la même mission de redressement du LNE : force est de constater que peu de choses, sur le fond de la problématique financière, ont changé depuis 1964. Une nouvelle « commission provisoire » (comité scientifique et technique du LNE) se construit pour mettre en œuvre les conclusions du « comité Debiesse » à l'échelle du LNE cette fois⁶⁷. Elle sera portée par le futur directeur.

Le contexte évolue également dans le sens où le ministère de l'Industrie montre un intérêt croissant pour le LNE, le ministère de l'Éducation nationale étant plus portée sur l'INM : la commission se compose en fonction de ces mouvements et intentions, et la délégation du ministère de l'Industrie sera plus importante. En toile de fond économique et politique, n'oublions pas que le président de la République depuis le 20 juin 1969 est désormais Georges Pompidou, dont les faveurs vont à l'amplification du développement industriel de la France⁶⁸.

⁶⁷ [Archives du Cnam, Procès-verbal du conseil d'administration – 1969.]

⁶⁸ À telle enseigne que le secteur de la Recherche scientifique est intégré au giron de l'Industrie dans le gouvernement de Jacques Chaban-Delmas : François-Xavier Ortoli est ministre du Développement industriel et scientifique.

Le nouveau directeur du LNE, nommé le 14 novembre 1969, est Laurent Citti. Celui-ci est né en 1938, le changement de génération par rapport à Maurice Bellier est assez radical. Il vient des sciences physiques⁶⁹ et, surtout, il travaille à la DRME depuis 1964, comme conseiller scientifique⁷⁰. Il est également, membre du Comité de physique électronique de la DGRST, signe des collaborations DRME/DGRST de cette période.

Cette entrée au LNE est en fait le début de l'aventure de Laurent Citti avec le Cnam : il restera à la tête du LNE jusqu'en 1974, puis présidera son comité de direction. Avec le changement de statut du LNE en EPIC en 1978, il deviendra le président du conseil d'administration du LNE. Parallèlement, entre 1974 et 1977, il est directeur du Cnam, et sera nommé professeur au Cnam en 1977 (avant d'en partir en 1980).

En 1970, le comité scientifique et technique réuni au LNE est composé de douze personnalités nommées par le

ministère du Développement industriel et scientifique, six professeurs du Cnam, des représentants du personnel LNE, l'ingénieur général Salmon (représentant le conseil d'administration du Cnam) et Laurent Citti. En résumé, les conclusions et discussions tournent autour des faiblesses, des lacunes et du problème financier du LNE, encore et toujours, car c'est ce qui hypothèque toute perspective de développement du LNE.

Le partage des rôles de l'INM (Cnam) et du LNE devenu EPIC

Ce qui s'organise concrètement, sous l'impulsion du directeur du LNE et de la direction du Cnam (Paul Guérin), c'est la séparation entre LNE et INM, avec la sortie du LNE de l'institution Cnam, actant de la séparation des services de « recherche » et « essais » qui semblent impossibles à associer dans le contexte du Cnam de 1970. Le conseil d'administration du Cnam s'est prononcé assez rapidement, après 1969, pour l'autonomisation du LNE, à travers le projet de création d'un EPIC appelé « Laboratoire national de métrologie et d'essais » (mais conservant le sigle LNE). La séparation est demandée en 1971, mais refusée par le ministère des Finances. Le doute persiste sur la capacité du Laboratoire à se développer par ses propres moyens, il doit faire les preuves de son aptitude à se développer de manière autonome. La question de la vérification des thermomètres revient encore une fois sur le tapis : le dispositif

⁶⁹ Formé à la Faculté des sciences d'Alger, il y est assistant, avant de quitter Alger pour la métropole en 1962. Avec l'aide de Pierre Aigrain et Yves Rocard, il part deux ans au MIT, aux États-Unis, pour travailler sur les lasers, dans l'équipe du professeur Charles Townes (prix Nobel de physique en 1964 pour ses travaux) [Archives du Cnam, Procès-verbal du conseil d'administration – 1969 et CV de Laurent Citti, p. 109]. Entretien avec Laurent Citti, par Loïc Petitgirard, le 11 décembre 2014.

⁷⁰ Dans les divisions « Plasma, Électronique quantique », « Physique des solides », puis chef du Bureau d'information scientifique.

pour automatiser les tests avait été conçu par le Laboratoire dans les années 1940, il est vétuste en 1970⁷¹. Il faut le renouveler, et donc demander de nouveaux crédits. Le Laboratoire étant toujours au Cnam, c'est à l'établissement que la dépense incombe, ce qui suscite toutes les résistances imaginables.

Dans les esprits en tout cas, le départ est acquis. Il l'est également géographiquement, avec le développement de l'INM dans le Pavillon des étalons au Cnam rue Saint-Martin. Malgré la situation tendue, il y a une certaine liberté laissée aux personnels du LNE pour choisir leur affectation : tous sont encore personnels du Cnam, le LNE et l'INM sont des services du Cnam⁷².

Les conséquences de cette séparation, qui prendra du temps et attendra 1978, sont nombreuses car le LNE représente un très gros morceau du Cnam en termes administratifs, en termes de personnels et de budget. Quitter le Cnam est synonyme de transformation de la structure du Cnam. L'INM, Institut du Cnam

dépend directement du LNE, puisque son enveloppe est intégrée à l'enveloppe du LNE. Pour le LNE lui-même, les conséquences ne doivent pas être sous-estimées, car avec le départ des équipes de recherche en métrologie, il faudra reconstruire des capacités en interne, même si elles sont minimales : la séparation entre « recherche » et « essais » est une vision plus théorique qu'il n'y paraît⁷³.

En conclusion : la redistribution des rôles dans la Métrologie nationale réorganisée.

Par rapport à la réflexion engagée en 1964, la situation de divorce de 1978 entre le LNE et le Cnam ressemble fort à un paradoxe. Le projet discuté initialement était un projet de rapprochement, de synergie, voire de fusion entre laboratoires, rapportant au LNE des acteurs extérieurs au Cnam, le CEA en particulier. En 1978, le processus aboutit à l'inverse, une dissocia-

⁷¹ Le service regroupe encore 44 personnes, 12 vérificatrices et 32 auxiliaires, et il est toujours en expansion du fait des exportations de thermomètres.

⁷² C'est ainsi qu'André Moser et Georges Bonnier, de l'équipe de thermométrie du LNE vont développer la thermométrie au sein de l'INM : A. Moser deviendra le directeur adjoint de l'INM et un personnage clé du développement de l'INM. Paul Riéty les rejoindra ensuite pour développer les recherches en acoustique, sur la pression et pour diriger les travaux sur les références « Masse » à l'INM. Ces transferts ne sont pas entravés par Maurice Bellier, et même probablement encouragés par celui-ci (voir l'entretien avec André Allisy dans ce dossier).

⁷³ À toutes ces incertitudes, s'ajoute l'imbroglio lié à une rumeur en 1976 : le LNE est annoncé en délocalisation à Auxerre dans le cadre d'un projet de décentralisation. Il s'agit d'une rumeur lancée au moment de la campagne électorale de Jean-Pierre Soisson dans l'Yonne, qui se révélera sans suite, mais une rumeur suffisante pour relancer les tensions. J.-P. Soisson est alors maire d'Auxerre depuis 1971, secrétaire d'État aux Universités dans le gouvernement Chirac (27 mai 1974 – 12 janvier 1976) (entretien avec L. Citti, par Loïc Petitgirard, le 11 décembre 2014). Les méandres de cet épisode sortent du propos de cet article, il traduit néanmoins une situation institutionnelle du LNE non encore stabilisée.

tion de services, donnant deux laboratoires sur deux trajectoires distinctes, pourtant complémentaires. En même temps qu'éclate le LNE, le BNM est constitué pour raccommo­der les morceaux d'une Métrologie française déjà très dispersée.

Pour tout à fait comprendre ce processus, il faut l'inscrire dans l'histoire longue du Cnam lui-même et de ses rapports à la métrologie⁷⁴. Il a incombé au Cnam la double tâche de conservation des étalons nationaux et de diffusion de ces étalons, depuis 1848 : cette mission a été réactualisée en 1919 et 1933, en insistant sur la question des références primaires. Cette mission a été conduite avec plus ou moins de succès, et au LNE elle a été de plus en plus difficile à tenir, même avec la volonté de George-Albert Boutry. Était-elle vraiment possible avec la structure LNE d'avant 1970 ? L'INM peut s'entendre comme la tentative réussie de développer précisément cette mission longtemps insatisfaite. Sous l'égide du BNM, l'INM sera le laboratoire ayant pour mission d'assurer la conservation et le transfert des références métrologiques françaises pour quatre des grandeurs du Système International : masse, longueur, intensité lumineuse, température thermodynamique. C'est ce qui faisait défaut au LNE des années 1960.

La création de la Chaire de métrologie renvoie à la mission de diffusion, non pas des références en elle-même, mais des dé-

marches, des méthodes, des recherches en métrologie, au plus large public. Le cours construit par André Allisy n'a pas grand-chose à voir avec celui de Pierre Fleury, il attire divers publics et contribue à la diffusion d'une culture métrologique en France.

Le processus d'organisation au niveau du Cnam et au niveau national doit être souligné pour son caractère transministériel. Le contexte de la République sous de Gaulle, avec ses outils de gestion interministériels, la DGRST en premier lieu, en est la raison fondamentale. La DGRST n'est pas un ministère de la Recherche, pas encore. D'ailleurs c'est avec l'institutionnalisation des questions de la Recherche dans des ministères que ce caractère transministériel s'estompe⁷⁵. De manière très symptomatique, le LNE transformé en EPIC en 1978 dépendra du ministère de l'Industrie, l'INM du ministère de l'Éducation nationale. Avec pour effet d'éloigner la métrologie primaire des services à l'industrie, tout en rapprochant la métrologie scientifique des laboratoires de recherche. C'est au niveau du BNM que la Métrologie française peut surmonter ces effets de territoire et orga-

⁷⁴ Voir le texte de C. Fontanon et L. Petitgirard dans ce dossier pour plus de détails.

⁷⁵ Dans le cadre gouvernemental jusqu'en 1977 existeront : le ministère du Développement industriel et scientifique (sous la présidence Pompidou, Gouvernement Chaban-Delmas, 1969-72 puis Gouvernement Messmer), ministère de l'Industrie et de la Recherche (présidence Giscard-d'Estaing, Gouvernement Chirac, puis Gouvernement Barre) à côté du ministère de l'Éducation nationale. L'Industrie et la Recherche sont sous une commune tutelle avant que soit nommé un secrétaire d'état à la Recherche en 1977, Jacques Sourdille qui sera remplacé par Pierre Aigrain en avril 1978.

niser la chaîne métrologique, des références primaires jusqu'aux utilisateurs.

Le rôle du militaire

Entre 1966 et 1969, nous avons vu que l'impulsion de la DRME a été un facteur important dans la structuration nationale de la métrologie. La DRME a été initiatrice, elle a financé l'effort de redynamisation des recherches en métrologie et instrumentation et, en 1969, elle passe le témoin au BNM et à la DGRST, donc aux structures civiles, pour organiser et finaliser la mission. Rappelons que Laurent Citti, au LNE, et Georges Denègre au niveau du BNM, sont issus de la DRME. Ce sont des acteurs clé de la restructuration, au même titre que le directeur du Cnam Paul Guérin, Jean Debiesse au CEA, Jean Terrien au BIPM, et Pierre Aigrain à de multiples niveaux (DRME/DGRST).

L'année 1969 marque un tournant (outre qu'elle voit le Général de Gaulle quitter le pouvoir) au niveau même de la DRME, qui se réorganise. Le programme de recherche et les centres d'intérêt militaires sont en réévaluation, et le référentiel change au sein du groupe « Mathématiques – Informatique – Guidage » pour répondre aux directives ministérielles⁷⁶ : « *L'activité du groupe « Mathématiques – Informatique*

– Guidage » est centrée sur le traitement de l'information ». Les nouveaux thèmes prioritaires sont donc la recherche sur les capteurs, les moyens du traitement de l'information, le développement des calculateurs. La question de la mesure et de la métrologie, du point de vue de la DRME, se cantonne désormais au guidage : téléguidage, référence de temps, gyroscopes.

Le nouveau rôle du Cnam dans la Métrologie nationale

La création du BNM, de la Chaire de métrologie et de l'INM au Cnam inaugure la restructuration de la métrologie à la fin des années 1960. Les discussions reprendront dans les années 1980 après une phase de consolidation, de maturation, de rapprochements et de tensions.

Au travers de cet article, nous avons pu montrer que cette histoire est le produit d'une hybridation de différentes cultures : institutionnelles, académiques et industrielles, militaires et civiles. L'hybridation a été réalisée par des personnalités, aux parcours variés, qui traversent les frontières (du militaire au civil, tout particulièrement) et ont été capables de s'accorder : ingénieurs, physiciens, techniciens, grands commis de l'État qui ont été pour certains, à l'image de Pierre Aigrain, des scientifiques éminents. En cela elle poursuit la longue histoire des relations du Cnam aux « Poids et Mesures » au XIX^e siècle. Ainsi l'INM est-il un produit du LNE, un

⁷⁶ Projet de programme de recherche 1969, n° 025745/DRME [Archives du Service historique de la Défense, 14R27].

fruit de son évolution, grâce aux équipes qui s'agrégent à l'équipe de recherche en métrologie dès 1968-69, amenant des savoir-faire du LNE. Ces équipes sont associées à des équipes issues du réseau d'André Allisy, par le BIPM et Jean Terrien⁷⁷. Laurent Citti apporte son expérience de la DRME au Cnam, pour amplifier la transformation.

Ces hybridations se sont faites dans différents lieux propices à ces rencontres, le Cnam en fait partie. Sa structuration en conseil de perfectionnement, conseil d'administration, chaires lui permet d'être une instance hybride, un lieu où se confrontent les milieux académiques, industriels, militaires, politiques. La tenue des réunions et commissions de 1964-67 a été possible parce que l'arène du Cnam permet de faire se rencontrer des acteurs de toute nature (universitaires, industriels, militaires, administrateurs, ministères), de faire converger des cultures techniques et scientifiques, de la vie économique et académique. Le Cnam a aussi le poids de l'histoire, une relation de longue durée avec la métrologie. Il reste que les conclusions de 1964 sont en décalage par rapport à la trajectoire propre du Cnam, à l'histoire de l'institution. Et que le LNE quitte le Cnam dans ce processus.

Avec l'intégration européenne, la chute de l'URSS et l'ouverture d'une nouvelle mondialisation, les cartes de l'organisation de la métrologie sont rebattues au cours des années 1980. La dynamique interne à la métrologie pousse à toujours plus de rapprochements entre « recherches » et « essais et contrôles ». Le BNM sera le point de rencontre, le levier de la seconde phase, mais le Cnam (avec l'INM et ses missions de conservation des étalons nationaux), continue à jouer un rôle important de terrain de négociation, de point de rencontres en dépit des crispations institutionnelles conséquentes au « divorce » avec le LNE. Il faut souligner que parmi les acteurs aux commandes dans les années 1980, on retrouve ceux qui ont été installés en 1968-69. Après la transformation du BNM en GIP (Groupement d'intérêt public) en 1994, semble s'engager enfin ce qui était attendu dans les intentions des années 1960 : les collaborations se renforcent, aboutissant aujourd'hui (depuis 2008) au Laboratoire commun de métrologie LNE-CNAM (LCM).

⁷⁷ Voir l'entretien avec André Allisy, par L. Petitgirard et C. Fontanon, dans ce dossier. L'arrivée de Jean Bastie à l'INM passe par ce réseau de la recherche en optique (Jean Terrien est un élève de Charles Fabry, et spécialiste d'optique, de photométrie) qui conduira au développement de la photométrie au Cnam. Voir le texte de Jean Bastie dans ce dossier.

Bibliographie

- Alder, K. (1995). « A Revolution to measure – The political economy of the metric system in France. » In Wise, N. (éd.). *The Values of Precision*. Princeton (N.J.): Princeton University Press, pp. 39-71.
- Alder, K. (2005). *Mesurer le monde : 1792-1799*. Paris, France : Flammarion.
- Bernard, M.-Y. (1994). *Le Conservatoire national des arts et métiers : vers le ^{xx}e siècle*. Paris : Eyrolles.
- Blondel, C. (1990). « Les premiers Congrès internationaux d'électricité. » *Relations internationales*, 62, pp. 171-182.
- BNM (1968). *Enquête sur l'état actuel de la métrologie en France*. Paris : Bureau national de métrologie, 1968.
- BNM (2004). *La métrologie scientifique en France : les 35 ans du Bureau national de métrologie*. Paris : Bureau national de métrologie.
- Bonneuil, C. (2005). « Les transformations des rapports entre sciences et société en France depuis la Seconde Guerre Mondiale : un essai de synthèse. » In Babou, I., Le Marec, J. (éd.) *Sciences, médias et société* (actes du colloque 2004). Lyon : ENS-LSH, pp. 15-40.
- Bonneuil, C. et Joly, P.-B. (2013). *Sciences, techniques et société*. Paris : La Découverte.
- Boudia, S. (2001). *Marie Curie et son laboratoire. Science et industrie de la radioactivité en France*. Paris : Archives contemporaines.
- Buchwald, J. Z. (1996). *Scientific Credibility and Technical Standards in 19th and Early 20th Century Germany and Britain*. Dordrecht : Kluwer Academic Publishers.
- Cahan, D. (1989). *An institute for an empire : the Physikalisch-Technische Reichsanstalt (1871-1918)*. Cambridge : Cambridge University Press.
- Caron, F. et Cardot, F. (éds.) (1991). *Histoire générale de l'électricité en France*. Paris : Fayard.
- Denègre, G. (2013). *Carnets de route sinieuse*, Paris : Société des Gens de Lettres.
- Duclert, V. (2001). « L'invention d'une haute institution gouvernementale. La Délégation générale à la recherche scientifique et technique. » In Duclert, V. et Chatriot, A., *Le Gouvernement de la Recherche*. Paris : La Découverte.
- Erard, L. (1995). « Le laboratoire central des industries électriques (B.N.M.-L.C.I.E) et la métrologie électrique. » *Bulletin du BNM*, n° 100, avril 1995, pp. 57-83.
- Fontanon, C. et Grelon, A. (éds.) (1994). *Les professeurs du Conservatoire national des arts et métiers. Dictionnaire biographique, 1794-1955*. 2 volumes. Paris, France : Institut national de recherche pédagogique : Conservatoire national des arts et métiers, 1994.
- Fromy, E. (1967). *Répertoire des moyens métrologiques en France. Laboratoires officiels*. Paris : Sedocar.
- Garnier, B. et Hocquet, J.-C. (éds.) (1990). *Genèse et diffusion du système métrique*, Caen : Diffusion du Lys.
- Hartmann, G. L. (1901). « Rapport de la commission d'enquête sur les laboratoires officiels d'essai de Berlin, Munich, Dresde, Vienne et Prague. » *Annales du Cnam*, 1901, 3^e série, Tome III, pp. 93-162.
- Jacq, F. (2002). « Aux sources de la politique de la science : mythe ou réalités ? (1945-1970). » *La revue pour l'histoire du CNRS*, 6.
- Joerges, B. et Shinn, T. (2001). *Instrumentation : between science, state and in-*

dustry. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Le Moël, M., Saint-Paul, R., et Fontanon, C. (éd.) (1994). *Le Conservatoire national des arts et métiers au cœur de Paris, 1794-1994*. Paris: Conservatoire national des arts et métiers/Délégation à l'action artistique.

Marquet, L., Le Bouch, A. et Roussel, Y. (1997). *Le système métrique, hier et aujourd'hui*. Amiens: Association pour le développement de la culture scientifique, DL 1997.

Monzie, A. (1948). *Le conservatoire du peuple*. Paris: Sedes.

Moreau, H. (1975). *Le système métrique : des anciennes mesures au système international d'unités*. Paris: Chiron.

Pestre, D., Jacq, F. (1996). « Une re-composition de la recherche académique et industrielle en France dans l'après-guerre, 1945-1970. Nouvelles pratiques, formes d'organisation et conceptions politiques. » *Revue Sociologie du travail*, n° 3/96, pp. 263-277.

Pestre, D. (2001). « La création de la DMA et de la DRME en 1961 : projet politique stratégique ou construction conjoncturelle ? » In Duclert, V. et Chatriot, A., *Le Gouvernement de la Recherche*. Paris: La Découverte.

Prost, A. (1989). « 1968: mort et naissance de l'université française. » *Vingtième Siècle*, n° 23, pp. 59-70.

Salmon, P. (1956). *Métrologie industrielle*. Paris: Société de publications mécaniques.

Schiavon, M. (2014). *Itinéraires de la précision: géodésiens, artilleurs, savants et fabricants d'instruments de précision en France*. Nancy: PUN – Éditions universitaires de Lorraine.

Shinn, T. (1980). « Genesis of France Industrial Research. » *Social Science Information*, 19, p. 607-640.

Soubrier, M. (1918). *Les industries électriques d'hier et de demain. L'enseignement de l'électricité industrielle*. Paris: Dunod.

Wise, N. (1995). *The Values of Precision*. Princeton (N.J.): Princeton University Press.