

PIERRE CHEVENARD (1888-1960)

François DUFFAUT



Pierre CHEVENARD (1888 – 1960) sorti major de l'Ecole des Mines de Saint Etienne, a fait toute sa carrière aux Aciéries d'Imphy (Société Commentry Fourchambault Decazeville, devenue en 1954 Société Métallurgique d'Imphy).

Quand Pierre CHEVENARD entre dans cette société, Charles Edouard GUILLAUME (Prix Nobel 1920) en est ingénieur conseil depuis sa découverte de l'INVAR en 1896 et Henri FAYOL est convaincu de la nécessité d'intensifier les recherches en développant des moyens propres. Remarquant les qualités de Pierre CHEVENARD, il le nomme en 1911 responsable des « Etudes métallurgiques » et lui définit peu après sa mission : « scruter les alliages sidérurgiques spéciaux afin d'en découvrir et d'en exploiter les propriétés exceptionnelles ».

Cette mission, qui lie clairement *science et industrie*, Pierre CHEVENARD va l'aborder en bénéficiant des conseils de Charles Edouard GUILLAUME et la remplir

bien au-delà des espérances d'Henri FAYOL.

Dès le départ son action vise à satisfaire de manière fiable et reproductible les besoins des industriels clients en identifiant les mécanismes structuraux qui gouvernent les propriétés pertinentes à chaque application.

La microscopie de l'époque étant impuissante à décrire la structure fine des aciers et alliages austénitiques, il conçoit et construit des appareils pour mesurer finement des grandeurs (dilatation, susceptibilité magnétique, frottement intérieur, etc....) qui lui permettent, par des raisonnements subtils, d'identifier les modifications structurales. C'est ainsi qu'il détecte la déchromisation intergranulaire associée à la précipitation des carbures et qu'il identifie la précipitation durcissante des nickelures d'aluminium.

Pour mettre au point les alliages aptes aux applications visées, il met en œuvre, très tôt dans sa carrière, une méthode qu'il ne définit explicitement qu'en 1938, la « Métallurgie de précision ». Il s'agit de la « Préparation d'alliages dotés d'un ensemble donné a priori de propriétés, dont l'élaboration doit être très précise en raison du domaine étroit dans lequel chacune des propriétés atteint le degré voulu ».

Pierre CHEVENARD commence par l'analyse du service attendu pour identifier l'ensemble des propriétés que doit présenter le matériau recherché et poursuit par la délimitation, grâce à l'ensemble capitalisé des connaissances antérieures (il parle de « doctrine »), du champ réduit qui devra être exploré pour trouver la solution.

Parmi les nombreuses innovations faites par Pierre CHEVENARD en appliquant cette méthode, on peut citer les alliages résistant à la corrosion fissurante pour l'industrie chimique et à la cavitation pour les turbines à vapeur, ainsi que ceux durcis, d'abord par carbures puis par nickelures, pour les réacteurs chimiques puis les turbines à gaz et bien d'autres emplois à haute température.

C'est donc une véritable *méthode pour innover* que Pierre CHEVENARD a créée et illustrée, alliant connaissances de base et satisfaction parfaite de l'application, et qui lui vaut d'être en 1948 élu par ses pairs Membre de l'Institut. Lors de la remise de son épée d'académicien Louis de BROGLIE

lui déclare : « Vous rendant ainsi de plus en plus maître de déterminer les conditions qui permettent d'obtenir des alliages ayant les propriétés désirées, vous avez pu en améliorer sans cesse les qualités ».

L'impact de ses travaux sur les progrès de l'industrie avait été, dès 1932, reconnu par l'attribution de la médaille spéciale de la Société d'Encouragement de l'Industrie Nationale.

Professeur à l'Ecole des Mines de Saint Etienne, puis à l'Ecole des Mines de Paris, Pierre CHEVENARD a beaucoup fait pour promouvoir la culture scientifique, à la fois dans l'usine par la formation permanente de l'ensemble du personnel de l'usine d'Imphy et dans les nombreuses associations scientifiques et techniques qu'il a animées, souvent en les présidant¹.

Pierre Chevenard était commandeur de la Légion d'honneur.

De nombreux organismes tels que les Académies des Sciences et des Technologies, la Société pour l'Encouragement de l'Industrie Nationale, la Société Française de Métallurgie et des Matériaux, le Cercle d'Etude des Métaux, l'Ecole des Mines de Saint Etienne, le séminaire « Energies et Matériaux de l'Université Paris I, l'ISAT (Institut Supérieur de l'Automobile et des Transports, Université de Bourgogne), la Municipalité d'Imphy, la Municipalité de Sauvigny les Bois, les Archives Départementales de la Nièvre, le Centre d'Etudes de la Métallurgie Nivernaise, ont manifesté l'intention de participer ou de soutenir la célébration de l'œuvre de Pierre CHEVENARD à l'occasion du cinquantenaire de sa mort.

En 2010,

outre le présent hommage complété par la reproduction (ci-après) de quatre textes illustrant sa pensée et son action et témoignant de l'estime de ses collègues du Creusot, il est prévu :

- La présence de Pierre Chevenard inventeur de l'ATV (Alliage pour les Turbines à Vapeur) sur l'affiche de l'exposition 2010 « Les Energies en Nivernais » des Amis du Vieux

¹ Société Française de Physique, Société des Ingénieurs Civils, Association Technique de Fonderie, Société Française de Métallurgie, Conseil scientifique de l'ONERA, Société Française de Minéralogie, Société Astronomique de France, Société de l'Industrie Minérale (VP).

Guérigny.

- Une conférence organisée à Imphy le 5 juin qui évoquera l'œuvre de Pierre Chevenard et montrera sur des exemples actuels que sa *méthode pour innover* est toujours fructueuse.
- Une séance du séminaire d'histoire des techniques « *Energies et Matériaux* » (Paris I, Panthéon Sorbonne) sera consacrée à la métallurgie fine et à Pierre Chevenard.
- Une conférence organisée en octobre à l'ISAT pour les étudiants du cycle ingénieurs.

En 2011 :

- L'Ecole des Mines de Saint Etienne prévoit d'organiser une journée scientifique consacrée aux *Apports des outils de caractérisation fine en science des matériaux*.
- Des représentants des organismes cités ci-dessus souhaitent organiser une journée centrée *sur le thème de l'innovation, ses méthodes et son histoire* qui se tiendrait à l'ISAT à Nevers. Les textes des exposés seraient publiés dans le n° du Marteau Pilon de 2012.

TEXTES CHOISIS PRÉSENTANT LA DÉMARCHE SCIENTIFIQUE DE PIERRE CHEVENARD

Jean-Philippe PASSAQUI & François DUFFAUT

Introduction :

Les textes qui suivent, reproduits en intégralité ou en partie, sont pour trois d'entre eux rédigés par Pierre Chevenard. Le quatrième (troisième dans l'ordre chronologique) est un rapport de visite d'ingénieurs du Creusot remarqué et transcrit par Jean-Philippe Passaqui.

Dès le premier texte, paru en 1923, Pierre Chevenard expose clairement sa démarche combinant science et industrie en écrivant : « Dans la préparation d'un nouvel alliage, on peut distinguer quatre étapes : les recherches, les travaux de synthèse et de mise au point, l'organisation de la fabrication courante et le contrôle du produit fini ».

Dans le deuxième texte, paru neuf ans plus tard et se référant au premier, Pierre Chevenard décrit en détail le laboratoire qu'il a conçu et organisé pour remplir tous les aspects de la démarche définie en 1923. On remarquera qu'après avoir décrit les appareils, il insiste sur la qualité des manipulateurs et l'importance de leur formation.

Dans leur rapport de visite de l'année suivante, MM. Stroh et Sauvageot, ingénieurs du Creusot, concluent : « les laboratoires d'Imphy sont spécialement et remarquablement outillés pour l'étude scientifique et méthodique des propriétés des alliages qui exige des essais très longs et très précis, ne laissant échapper aucune particularité des diagrammes enregistrés ». Entre les lignes, on peut comprendre qu'ils calment une certaine jalousie en estimant normal que les laboratoires du Creusot, entreprise impliquée dans des domaines industriels plus variés qu'Imphy, ne puisse pas mener des études aussi approfondies.

Dans le dernier texte, publié en 1938, Pierre Chevenard expose que le terme « métallurgie de précision » ne lui appartient pas mais donne le sens précis qu'il a pour lui : « j'appellerai métallurgie de précision, la préparation des alliages dotés d'un ensemble donné a priori de propriétés physiques, mécaniques ou chimiques, et dont l'élaboration doit être très précise, en raison du nombre des conditions à satisfaire et de l'étroitesse du domaine où chacune des propriétés atteint le degré voulu ». La suite du texte montre que pour lui un alliage nouveau apportant une réponse à un problème est le résultat d'une double

maîtrise, celle du lien entre comportement en service et propriétés mesurables, et celle des moyens (analyse, traitements thermiques entre autres) permettant d'obtenir ces propriétés. Cette double maîtrise est acquise par l'organisation en doctrine des résultats de mesures obtenues grâce à un outil expérimental de qualité.

Pierre Chevenard résumera lui-même cette dialectique entre fabrication d'alliages apportant une réponse fine au besoin et qualité de l'outil expérimental dans sa conférence du 5 janvier 1951 devant la Société des Ingénieurs Civils de France intitulée : « La précision en métallurgie et la métallurgie de précision ».

Texte 1.

Pierre CHEVENARD, « Méthodes de recherche et de contrôle dans la métallurgie de précision, » *Mémoire et comptes rendus des travaux de la Société des Ingénieurs civils de France, 1923, pp. 932 à 972.*

En 1896, M. Ch.-Ed. Guillaume remarquait avec surprise, parmi une série d'aciers spéciaux préparés aux Aciéries d'Imphy (Société Commentry-Fourchambault et Decazeville), un alliage fer-nickel moins dilatable que les métaux composants. Soupçonnant la portée scientifique de cette exception à la règle des mélanges, il étudiait d'autres ferronickels, découvrait l'anomalie réversible de ces alliages et prévoyait les conséquences industrielles de cette singulière propriété.

Cette découverte marque le point de départ de recherches étendues poursuivies, depuis près de vingt-cinq ans, par M. Guillaume et par l'usine d'Imphy travaillant en complète collaboration : la création d'alliages remarquables tels que l'Invar et l'Elinvar en fut la sanction industrielle.

Une autre conséquence, non moins heureuse, fut d'orienter Imphy vers la métallurgie de précision, de familiariser le personnel avec les techniques minutieuses, de créer dans l'usine une ambiance scientifique. Aussi, quand M. L. Guillet aborda ses travaux bien connus sur les aciers spéciaux, chargea-t-il les Aciéries d'Imphy d'élaborer ses alliages d'étude.

L'étude théorique des alliages, principalement des ferronickels, entreprise à Imphy par M. L. Dumas vers 1896, s'est poursuivie depuis sans interruption. En 1912, M. H. Fayol, alors Directeur général de la Société Commentry-Fourchambault, soucieux de réaliser plus complètement encore cette union de la science et de l'industrie, créait à Imphy un service spécial pour l'étude et la préparation des alliages de précision. Les recherches de M. Guillaume et les travaux de ce nouveau service ont conduit à créer une série d'alliages, utilisés dans les sciences ou dans l'industrie, pour leurs propriétés physiques ou chimiques exceptionnelles.

L'invar, dilatabilité négligeable, la platinite, soudable au verre, l'alliage pour balanciers, dont la dilatabilité anormale affranchit les chronomètres de l'erreur secondaire, l'élinvar à coefficient thermoélastique nul, sont parmi les principaux résultats des études poursuivies par M. Guillaume. Imphy prépare, en outre, des alliages à haute résistivité et à faible coefficient thermique pour rhéostats, appareils de chauffage et résistances étalonnées ; d'autres à thermorésistivité rapidement croissante pour régulateurs d'intensité ; des couples thermoélectriques industriels ; des aimants stables ; un alliage à haute perméabilité initiale et à faible hystérésis, utilisé dans les alternateurs de TSF et les multiplicateurs de fréquence créés par M. Marius Latour ; des alliages résistant à la plupart des liqueurs corrosives industrielles ; des ferronickels inaltérables dans la vapeur, des alliages non fragiles aux très basses températures et d'autres rigides aux températures élevées, etc.

Cette métallurgie de précision exige des recherches étendues et précises et requiert un contrôle sévère. C'est pourquoi le laboratoire d'Imphy comprend, non seulement l'installation normale des aciéries qui travaillent suivant les méthodes scientifiques : machines de traction et de choc, microscopes métallographiques, appareils d'analyse thermique, etc., mais encore une série d'instruments, presque tous construits au laboratoire même, pour explorer les propriétés physiques ou chimiques des alliages spéciaux.

Je me propose de décrire brièvement cette organisation, mais auparavant, il paraît utile de caractériser le rôle du laboratoire considéré comme guide des fabrications.

Dans la préparation d'un nouvel alliage, on peut distinguer quatre étapes : les recherches, les travaux de synthèse et de mise au point, l'organisation de la fabrication courante et le contrôle du produit fini.

Les recherches visent à rassembler des données

exactes et nombreuses sur les principales propriétés physiques et chimiques des alliages binaires ou complexes, à préciser les variations de ces propriétés avec les facteurs physiques : température, pression, à déterminer les modifications apportées par les traitements thermiques ou mécaniques ; elles se proposent aussi d'interpréter les résultats expérimentaux et de les traduire en lois.

Quant l'industrie réclame un alliage présentant un ensemble donné de qualités, on se base, pour le réaliser, sur les résultats de ces recherches. Chaque propriété étant réalisée au degré voulu dans un certain domaine de composition, la solution ne peut exister hors des points communs aux différents domaines.

Dans le champ ainsi limité, il faut découvrir ensuite, par des essais méthodiques, l'alliage le plus aisé à fondre, à forger, à usiner, le moins sensible aux petits écarts de composition, le moins affecté par les impuretés inévitables, en un mot, celui dont la préparation est la plus sûre et la moins coûteuse.

Enfin, le contrôle des produits finis signale les déviations de la fabrication, sépare et classe les alliages marchands. On utilise parfois, pour ce contrôle, les méthodes de mesures délicates employées pour les recherches ; le plus souvent, on se contente de vérifier, par un procédé sûr mais rapide, que l'alliage industriel s'identifie suffisamment à un type dont l'expérimentation a sanctionné la valeur technique.

Le programme tracé par les recherches est vaste : le champ à explorer est étendu, les propriétés à étudier, nombreuses, et les phénomènes, complexes. D'où la nécessité d'un laboratoire largement outillé et d'un travail bien organisé.

Les méthodes expérimentales employées pour les recherches doivent être précises, mais surtout sensibles et fidèles. Certains phénomènes, importants par leur signification, se traduisent, en effet, par des manifestations peu intenses. On doit aussi pouvoir considérer comme certaine une petite différence entre deux résultats, même si ces derniers ont été obtenus à plusieurs années d'intervalle.

Enfin, les expériences doivent être rapides et aussi – considération très importante – relativement peu coûteuses. C'est pour concilier toutes ces exigences que nous avons recours, le plus souvent possible, à l'enregistrement photographique des phénomènes et aux appareils automatiques faciles à surveiller et qui éliminent l'action personnelle des opérateurs. Pour la même raison, nous avons substitué, dans nos enregistreurs thermiques, un pyromètre à dilatation au pyromètre thermoélectrique, car l'expérience a montré la fidélité du premier dispositif.

...

La découverte de nouveaux alliages est attendue, non d'un hasard heureux couronnant des essais empiriques, mais d'une étude méthodique, approfondie et précise des propriétés des complexes métalliques.

Il y a juste deux siècles, Réaumur, exposant le projet d'un soufflet pour four à cémenter, écrivait dans son traité De l'art de convertir en acier : « Prenons pour exemple une des petites forges qui est à Imphy dans le Nivernois, Gens, sur l'exactitude de qui je me suis fier. » Je me suis efforcé de montrer comment, par le souci constant d'une précision croissante, nous visons à mériter l'éloge décerné par Réaumur à l'habileté et à la conscience de nos devanciers.

Texte 2.

Pierre CHEVENARD, « L'installation et l'organisation d'un laboratoire sidérurgique moderne, » *Mémoire et comptes rendus des travaux de la Société des Ingénieurs civils de France, 1932, pp. 1109 à 1158*

En 1923, pour répondre à une invitation flatteuse de M. Léon Guillet, nous avons décrit à la Société des Ingénieurs Civils les méthodes de recherches et de contrôle en usage aux Aciéries d'Imphy, usine spécialisée dans la métallurgie de précision¹.

Depuis bientôt dix ans, l'organisation scientifique des usines de la Société de Commentry-Fourchambault et Decazeville a été mise au point : un nouveau laboratoire a été construit spécialement pour les travaux de recherches ; les anciennes techniques d'essai ont été simplifiées ou rendues plus précises, et de nouvelles ont été instituées ou rendues plus précises, et de nouvelles ont été instituées : enfin, de nombreux résultats d'ordre théorique et pratique ont été obtenus.

M. Portevin a bien voulu nous prier d'exposer brièvement ces progrès : nous ressentons vivement l'honneur d'une telle demande et nous nous faisons un agréable devoir de remercier notre cher Président.

Chapitre premier

Organisation scientifique

Comme nous l'avons déjà dit en 1923, l'activité des services scientifiques d'un établissement se

¹ P. CHEVENARD, Méthodes de recherches et de contrôle dans la métallurgie de précision, Mémoires et compte rendu des travaux de la Société des Ingénieurs Civils de France, juillet-septembre 1923.

répartit entre les recherches, la mise au point à l'atelier des procédés nouveaux, le contrôle de la fabrication et de la qualité des produits marchands, et les travaux d'expertise, c'est-à-dire l'étude des difficultés et des échecs.

Les recherches récoltent des données précises sur les propriétés mécaniques, physiques, chimiques des alliages, précisent les lois de leur formation, de leurs changements d'état polymorphiques, et de leurs traitements..., en un mot, rassemblent une documentation qui sera la base des fabrications nouvelles. Elles exigent *le calme et la continuité*². Les travaux de mise au point, de contrôle et d'expertise, au contraire, doivent être conduits *rapidement*. Dès qu'une application nouvelle est entrevue, à la lumière des résultats de recherches, il importe d'en vérifier au plus tôt la valeur pratique et de l'exploiter. Le contrôle doit évidemment accompagner les fabrications. En face d'une difficulté sérieuse, parfois angoissante, quel directeur hésitera à mobiliser toute l'activité du laboratoire ?

Si, donc, les recherches d'une part, les travaux de mise au point, de contrôle et d'expertise de l'autre, relèvent d'un même service, la marche des premières sera lente et cahoteuse, car la préparation d'un lointain avenir semblera presque toujours moins urgente que la mise en route d'un procédé ou la solution rapide d'une difficulté. Or, imposer à une recherche une marche discontinue, c'est la vouer à l'échec.

Il est donc logique de *séparer l'organisme de recherches* afin que les à-coups des services de fabrication lui parviennent atténués. Mais un rare écueil est à éviter, la paroi amortissante ne doit pas devenir une cloison étanche. Sinon, le laboratoire de recherches perd le contact de la pratique, les laboratoires de contrôle sont tentés d'entreprendre des recherches sans guide suffisant, et l'unité de direction et de doctrine se trouve rompue.

À la Société de Commentry-Fourchambault et Decazeville, le Service des recherches est un *organisme central* qui relève de la Direction générale. Son chef a reçu mission de diriger et de contrôler, au point de vue scientifique, l'activité des usines :

En résumé, le Service des recherches :

- étudie les problèmes posés par la clientèle et les services de fabrication ;
- guide la mise au point des produits et des

² Les termes en italique sont le fait de Pierre Chevenard

procédés nouveaux dans les usines ;

- institue et surveille les techniques en usage dans les laboratoires de contrôle des usines et coordonne les recherches d'ordre pratique que ces laboratoires peuvent entreprendre ;

- rassemble une documentation sur les divers alliages marchands d'Imphy et des autres usines, leur mode de fabrication, leurs propriétés et leur emploi. En d'autres termes, il *recueille et conserve la doctrine métallurgique de la Société.*

Chapitre II

Les laboratoires d'Imphy

Pour épargner la patience du lecteur, nous ne consacrerons qu'une brève mention aux laboratoires de contrôle des aciéries d'Imphy. Seules, en raison de leur caractère particulier justifié par les fabrications très spéciales de l'usine, les installations de recherches seront décrites, d'ailleurs en peu de mots.



Appareil Breveté Chevenard (Cliché F. Duffaut)

1) Le laboratoire de contrôle d'Imphy

La plupart des machines d'usage courant pour l'étude de la déformation des métaux se rencontrent au *laboratoire d'essais mécaniques* : quatre machines de traction Amsler de 5 à 50 t, dont l'une très précise, de 20 t, équipée avec un extensomètre enregistreur, est réservée aux essais de recherche et de documentation ; une presse Amsler de 70 t ; deux moutons Charpy (300 et 30 kg), un mouton Frémont, deux moutons Guillery ; un appareil Guillery pour l'essai des tôles à l'emboutissage, un scléromètre Alpha à pointe de diamant, une machine Alkan à trois tourets pour l'épreuve des métaux aux flexions rotatives, une machine Cambridge à chocs répétés, une machine à poids pour essais à traction à chaud. Quatre autres de ces dernières machines, d'un modèle amélioré, vont être installées sous peu.

Les éprouvettes, usinées dans un atelier annexe au laboratoire, sont traitées dans une série de fours à chauffe électrique : deux fours de 30 kW, prévus pour atteindre 1000°, un four à bain de plomb, un four à bain de sel, une étuve à bain d'huile.

La température de tous ces appareils de chauffe est maintenue constante et mesurée ou même enregistrée par des pyromètres-régulateurs à dilatation (...)

Un deuxième contrôle de température est assuré par des couples Le Chatelier reliés à des galvanomètres muraux. La comparaison des deux types de pyromètres, exposés à des causes d'erreurs très différentes, donne une grande sécurité.

Le laboratoire de chimie dose les éléments usuels ou spéciaux, même peu courants, des matières premières et des alliages marchands : carbone, manganèse..., aluminium, titane, glucinium. Quelques-unes de ces méthodes de dosage ont été mises au point à Imphy même. Tel est le procédé institué par le chef de service du laboratoire de chimie pour doser l'aluminium et le glucinium dans les ferronickels chromés complexes : ces éléments sont préalablement isolés par électrolyse avec cathode de mesure.

Le même laboratoire est outillé pour essayer les alliages à la corrosion, selon des différentes techniques : mesure de la perte de poids après un temps de séjour donné dans la liqueur d'attaque, à température bien déterminée ; essai par immersions et émergences alternées, essai au brouillard salin, etc.

Une salle d'essais physiques, exclusivement réservée aux travaux de contrôle et d'expertise, est annexée au laboratoire de chimie : classement des aciers spéciaux par l'analyse dilatométrique, micrographie et macrographie, contrôle des alliages pour résistances

électriques, des tôles magnétiques, etc.

2) Le laboratoire de recherches

Ce laboratoire est installé depuis 1929 dans un spacieux bâtiment de deux étages aux fondations solides, aux murs épais, aux planchers rigides.

Une salle souterraine aux parois calorifugées, appelée caveau isotherme, abrite deux instruments délicats : le microdilatomètre et le thermomagnétomètre. Ces appareils (...) reposent sur des tables de béton massives : ils sont soustraits ainsi aux trépidations, aux fluctuations de température et aux variations accidentelles de calage qui nuiraient à la précision des résultats.

Au sous-sol, sont installés des batteries d'accumulateurs et des groupes convertisseurs, des alambics à chauffe électrique, un appareil à purifier le mercure par distillation dans le vide. On y trouve aussi des fours pour le traitement des plus gros échantillons et des fours de fusion à tubes ou à granules de charbon. Ces derniers servent à préparer de petits lingots d'essai, à étudier l'action des laitiers, l'influence de la surchauffe à l'état liquide sur les propriétés des aciers et des fontes, etc. (...)

Une fraction importante de la surface du sous-sol est occupée par des casiers où sont méthodiquement classés les lingots, les billettes, les barres et les tôles des alliages destinés aux recherches.

Le rez-de-chaussée est entièrement occupé par un atelier de précision. Dix-huit machines-outils : tours de différentes tailles, fraiseuses, étaux-limeurs, perceuses, machines à meuler, à rectifier et à polir sont groupées dans une salle principale, largement éclairée ; deux salles plus petites sont réservées au montage et au réglage des appareils, une quatrième sert de bureau et de magasin.

Une équipe de mécaniciens usine les échantillons nécessaires aux essais physiques. Une autre, plus importante, construit les appareils de précision, c'est-à-dire les dispositifs originaux destinés aux recherches et les appareils d'un type ancien mis dans le commerce : dilatomètres, galvanopyromètres, régulateurs de température, etc.

Au premier et au second étage se trouvent les bureaux des ingénieurs, les cabinets de photographie et les salles de manipulations.

La grande salle de physique du premier étage rassemble les appareils enregistreurs destinés à l'étude physicothermique et thermomécanique des alliages. Son installation, désormais achevée, permet

un travail à haut rendement : aussi sera-t-elle décrite avec quelques détails dans le chapitre suivant, afin d'illustrer les principes qui ont dirigé l'organisation des travaux de recherches.

Une autre salle de physique aménagée selon les mêmes principes, mais plus petite, un cabinet de micrographie et de photocopie et une salle d'essais physicochimiques occupent la majeure partie du deuxième étage.

La petite salle de physique est réservée en principe aux appareils de mesures électriques et magnétiques : pont de Wheatstone et de L. Kelvin, perméamètres pour champs très intenses ou très faibles, hystérésimètres, etc. Un gros électro-aimant de Weiss permet de soumettre un échantillon de quelques grammes à un champ de 30 000 gauss. Un enregistreur spécial trace, entre -30° et $+70^{\circ}$, la courbe « aimantation-température » des alliages à point de Curie voisin de la température ambiante, alliages utilisés pour la compensation thermique des aimants permanents.

Tous les échantillons de faible masse, fils fins ou tôles minces, formés d'alliages altérables à chaud, sont recuits dans un vide élevé obtenu au moyen d'une trompe Dunoyer à vapeur de mercure.

Un microscope Zeiss, d'un modèle récent, précis et commode, fournit la photographie nette d'une plage agrandie 1 000 fois ; un dispositif spécial pour macrographie, adapté au même appareil, permet les grossissements de 6 à 36 fois. Pour prendre des vues avec une amplification plus faible, on utilise un appareil photographique ordinaire avec illuminateur à glace sans tain. Un appareil de photocopie sert à reproduire les diagrammes et autres documents qui doivent être communiqués aux services de fabrication.

Les manipulations faisant intervenir des liquides corrosifs ou des gaz sous pression sont cantonnées dans la salle d'essais physico-chimiques, au sol carrelé en grès et aux murs revêtus de faïence. On y met au point des méthodes de dosage nouvelles, on y mesure les forces électromotrices de dissolution, on y poursuit des essais de corrosion spéciaux, des recherches sur la cémentation ou l'altération des alliages par les gaz, etc. Pour l'étude de la corrosion fissurante dans la vapeur plus ou moins chargée d'impuretés, on dispose d'un autoclave à chauffage électrique.

Tous les carnets de manipulations, les clichés photographiques, les diagrammes, les échantillons, en un mot tous les documents expérimentaux sont conservés, catalogués avec soin, dans une vaste salle d'archives, qui occupe les combles et règne sur toute la superficie du bâtiment.

3) Distribution d'eau et d'énergie électrique. Installations annexes.

Certains appareils, où interviennent des températures élevées, comportent des boîtes de refroidissement à courant d'eau. Pour éviter toute interruption accidentelle de la circulation, le laboratoire a été doté d'une installation hydraulique qui lui est propre. Une pompe centrifuge aspire l'eau d'un puits et la refoule dans un réservoir placé tout en haut du bâtiment ; la pompe se meut ou s'arrête automatiquement selon la variation du niveau dans le réservoir. La pression est ainsi maintenue entre d'étroites limites.

Le laboratoire est relié aux réseaux électriques de l'usine : 250 V continu, 250 V alternatif monophasé. Une batterie d'accumulateurs de 24 V fournit la tension constante nécessaire à certaines expériences magnétiques. L'éclairage des enregistreurs est assuré par une autre batterie de 6 V.

Par mesure de sécurité, les circuits de 250 V et même de 24 V sont interrompus lors du départ des manipulateurs. Cette règle de prudence ne souffre d'aucune exception : une surveillance est instituée quand une expérience déborde l'horaire normal, même si l'intervention manuelle d'un opérateur n'est pas nécessaire.

Mais la tension de 6 V n'offrant aucun danger, la connexion du laboratoire avec la batterie est maintenue en permanence. L'enregistrement des courbes de refroidissement, dans les essais physico-thermiques, peut donc se poursuivre pendant la nuit. Il s'interrompt à une heure fixée d'avance par le jeu d'un contacteur-extincteur.

Les travaux qui exigent le maintien très prolongé d'une température élevée sont entrepris dans le laboratoire des chauffés continus, petit bâtiment isolé surveillé avec soin : tels sont les recuits des fontes malléables, les essais de cémentation et de nitruration, les recuits de coalescence des aciers, certaines expériences sur la corrosion par les vapeurs, les sels fondus, etc.

Enfin, pour préparer les coulées d'essai d'un poids supérieur à 5 Kg, le laboratoire dispose, dans l'usine, d'un creuset électrique à haute fréquence capable de fondre 50 Kg d'acier, d'un four à arc de 25 Kg et d'un four à creuset de 40 Kg chauffé à l'huile lourde.