LES CHEMINS DE LA MÉMOIRE
292
AUTOMNE 2025

LES SCIENCES ET LA GUERRE

L'ENTRETIEN
MÉDECINE EN GUERRE

CAHIER CENTRAL
LES DRONES : DE LA TRAJECTOIRE DES POSSIBLES AU SOUVENIR

UNE PUBLICATION DU MINISTÈRE DES ARMÉES ET DES ANCIENS COMBATTANTS : SECRÉTARIAT GÉNÉRAL POUR L'ADMINISTRATION
DIRECTION DE LA MÉMOIRE, DE LA CULTURE ET DES ARCHIVES

Jumelles de très longue portée (octobre 1930). Le poids des jumelles, de même que la nécessité d'obtenir une image stable et précise, ont conduit les inventeurs de Meudon à les monter sur un dispositif adapté à un véhicule de transport militaire. Office national des recherches scientifiques et industrielles et des inventions, ancêtre du CNRS.
© Fonds historique / CNRS Images

LA SCIENCE
AU CŒUR DES GUERRES

« La guerre, à mesure qu'elle se prolonge, prend de plus en plus le caractère d'une lutte de science et de machine ». Le 13 novembre 1915, alors que le conflit que l'on appelle déjà la Grande Guerre s'inscrit dans la durée, cette affirmation du ministre de l'Instruction publique, Paul Painlevé, reflète une prise de conscience déterminante : la guerre ne repose plus uniquement sur l'habileté stratégique du commandement ou le nombre des hommes envoyés au feu, mais de plus en plus sur les avancées scientifiques, notamment dans les domaines des armements, de la chimie ou de la médecine.

Véritables accélérateurs d'innovation, les conflits du XX^e^ siècle ont conduit à l'invention de nouveaux moyens pour détruire, mais aussi pour protéger, soigner ou communiquer. Ce numéro d'automne des *Chemins de la mémoire* évoque les liens existant entre les sciences et la guerre, la recherche scientifique et le fait militaire, les découvertes scientifiques et leurs traductions opérationnelles.

À la fin des années trente, la course à l'atome rappelle que les laboratoires furent aussi des champs de bataille. Symbole de la recherche scientifique, mais aussi arme de destruction massive, ultime expression de cette dualité, la première bombe atomique, larguée sur Hiroshima il y a 80 ans, a profondément et durablement transformé le monde.

La guerre a toutefois généré d'autres héritages. Sur le front médical, vaccins, antibiotiques ou organisation sanitaire ont sauvé des vies et ouvert la voie à des progrès décisifs. Dans l'ombre, des mathématiciens et linguistes anonymes ont vaincu la machine Enigma.

De la cryptanalyse aux drones, du radar aux fusées, en passant par les satellites et les réseaux de communication, chaque innovation militaire a trouvé un écho durable dans la société civile. Des lieux comme le centre d'histoire de La Coupole, mémoire des fusées V2, ou le musée de l'Air et de l'Espace du Bourget rappellent combien ces savoirs, nés pour et par la guerre, ont nourri ensuite la conquête spatiale ou la révolution numérique.

Evence RICHARD
Directeur de la mémoire, de la culture et des archives

Insigne remis aux scientifiques, ingénieurs, techniciens et ouvriers ayant travaillé au sein du projet Manhattan destiné à construire la bombe atomique américaine. Il porte les inscriptions « A Bomb » et « Manhattan Project », surmontant l'emblème du génie de l'armée américaine.
© Collection Maurice Bleicher

CAHIER CENTRAL **292**

Les drones : de la trajectoire des possibles au souvenir

MINISTÈRE
DES ARMÉES
ET DES ANCIENS
COMBATTANTS
Liberté
Égalité
Fraternité

LES CHEMINS DE LA MÉMOIRE

LES CHEMINS DE LA MÉMOIRE
Ministère des Armées
et des Anciens combattants
Secrétariat général
pour l'administration
Direction de la mémoire, de la culture
et des archives
Sous-direction de la mémoire
combattante
Bureau de l'action pédagogique
et de l'information mémorielles
60, boulevard du général Martial Valin
CS 21623
75700 Paris Cedex 15
Abonnement/résiliation
dmca-chemins-de-memoire.redac.fct
@intradef.gouv.fr

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION
Evence RICHARD (DMCA)

RÉDACTRICE EN CHEF
Catherine DUPUY (BAPIM)

RÉDACTRICE EN CHEF ADJOINTE
Sophie POIRMEUR (BAPIM)

COMITÉ DE RÉDACTION
Marie-Laurence TEIL (Sous-directrice)
Maurice BLEICHER (BM2C)
Alexandra DERVEAUX (BPLM)
Gilles FERRAGU (SHD)
Candide FLORENT (SDPC)
Coline GUILLET (BAPIM)
Marie-Christine NICOLAS (BPLM)
Guillaume PICHARD (BPLM)
Victor VENDRIES (ONaCVG)
Nadia WAINSTAIN (ECPAD)

RESPONSABLE DE LA VERSION NUMÉRIQUE
Nathalie THORAVAL-MEHEUT (BAPIM)

RESPONSABLE DE LA GESTION DES ABONNÉS
Frédéric GUÉNARD (BAPIM)

CHEF DE LA MISSION COMMUNICATION
Alexandra BRIAND-VÉRITÉ (SGA/COM)

MAQUETTISTE/GRAPHISTE
EGCA - Tulle

IMPRESSION ET ROUTAGE
EGCA - Tulle
2, rue Louis Druliolle
CS 10290 - 19007 Tulle Cedex

N° ISSN : 1150-70 55
TIRAGE : 23000 EXEMPLAIRES
Dépôt légal : 4e trimestre 2025

Le site Internet *Chemins de mémoire* propose des dossiers sur l'actualité mémorielle et des articles historiques pour aller plus loin.
Retrouvez également les anciens numéros des *Chemins de la mémoire* dans la rubrique « Histoire et mémoires ».

LES CHEMINS DE LA MÉMOIRE
292
AUTOMNE 2025

SOMMAIRE

L'ÉVÉNEMENT
Il y a 80 ans, la bombe 6/7

LE DOSSIER
LA GUERRE DES SCIENTIFIQUES (1939-1945) 8/13

L'ENTRETIEN
Médecine en guerre 14

L'ACTEUR
Les sciences et la guerre dans les collections du musée de l'Air et de l'Espace Paris-Le Bourget 16

RELAIS
Le centre d'histoire de La Coupole 17

CARREFOUR (S) 18

31

En 2024, le marché mondial des drones militaires représentait environ 31 milliards d'euros.

L'AGENDA

NOVEMBRE

11

Commémoration de la Victoire et de la Paix (loi du 24 octobre 1922) et hommage à tous les « morts pour la France » (loi du 28 février 2012)

DÉCEMBRE

5

Journée nationale d'hommage aux morts de la guerre d'Algérie et des combats du Maroc et de la Tunisie

Bruno TERTRAIS
Directeur adjoint de la Fondation pour la recherche stratégique

IL Y A 80 ANS, LA BOMBE

Initialement développée par des physiciens pour le compte du gouvernement des États-Unis pendant la Seconde Guerre mondiale, l'arme nucléaire est aujourd'hui l'élément central de la dissuasion. Déroulant les grandes étapes de 80 ans d'histoire, Bruno Tertrais offre ici une perspective sur les défis actuels en matière de défense et de sécurité à l'échelle mondiale.

Il y a 80 ans, trois explosions nucléaires allaient changer le monde. Le 16 juillet 1945, dans le désert du Nouveau-Mexique, les États-Unis testaient le premier engin atomique. Conçue initialement pour être employée contre l'Allemagne nazie, la bombe allait finalement, après l'armistice en Europe, être utilisée contre le Japon impérial. Les deux bombardements d'Hiroshima (6 août) et de Nagasaki (9 août) furent-ils décisifs pour la fin de la guerre en Asie ? Les historiens ne sont toujours pas d'accord sur ce point. Ce qui est certain, c'est que le président américain Harry Truman voulait éviter une invasion du Japon qui aurait été, pensait-on, très coûteuse en vies humaines pour les États-Unis. Mais les historiens dits « révisionnistes » (terme utilisé dans le débat américain) prétendent que c'est la déclaration d'entrée en guerre de l'Union soviétique, le 8 août, qui fut le facteur décisif. Il n'est pas aisé de trancher. En tout cas, outre la dévastation des deux villes, ces explosions nucléaires eurent un effet psychologique important sur le Japon… mais aussi sur l'Union soviétique, qui ne voulait pas que l'Amérique étende excessivement son influence sur l'Asie.

Les armes utilisées à Hiroshima et Nagasaki étaient d'une puissance relativement « faible », au regard de celles qui furent développées par la suite. Le bilan humain des deux explosions – plusieurs dizaines de milliers de morts pour chacune d'entre elles – s'explique essentiellement par la structure de l'habitat japonais de l'époque (maisons de bois), qui rendait ce dernier particulièrement vulnérable aux deux principaux effets physiques d'une explosion atomique : le souffle et la chaleur. Quant aux radiations, elles sont un effet relativement « mineur » des explosions. L'immense majorité des victimes des bombardements du Japon furent tuées instantanément ou décédèrent rapidement de leurs graves brûlures.

En 1945, l'arme atomique est « une arme comme une autre » : en point d'orgue d'un conflit qui avait vu des raids aériens massifs contre les villes, notamment allemandes et japonaises (bombardements incendiaires de Tokyo en février, mars et avril 1945, encore plus meurtriers que ceux d'Hiroshima et Nagasaki). Rapidement, des voix s'élèvent pour dire que la capacité de destruction massive et instantanée de ces armes doit leur conférer un statut particulier. Ne pourraient-elles pas, de par leur caractère terrifiant, contribuer à empêcher la guerre plutôt qu'à la mener ? Progressivement, le concept de dissuasion nucléaire va s'imposer entre 1945 et le début des années 1960, surtout dès lors que l'Union soviétique se dote elle-même de cet arsenal, et que des missiles balistiques intercontinentaux vont permettre de frapper rapidement le territoire adverse, à l'autre bout du globe. De fait, si les États-Unis d'Amérique envisagent à plusieurs reprises, dans les années 1950 notamment, d'employer l'arme atomique, les présidents successifs se refusent finalement à franchir le pas. Progressivement se met en place ce que l'on appelle aujourd'hui la « tradition de non-emploi ». Les Soviétiques, pour leur part, on le sait aujourd'hui par les archives, étaient également très réticents à l'idée d'employer leur arsenal nucléaire. Et plus le temps passe, plus cette tradition se renforce : actuellement un pays qui briserait ce tabou prendrait un risque considérable.

La Bombe est devenue une arme de dissuasion : elle vise à empêcher la guerre, ou plus exactement à limiter considérablement les risques d'affrontement militaire direct entre les États qui sont dotés de cette arme, ou protégés par elle. Cette protection n'est évidemment pas absolue, mais force est de constater que la dissuasion a fonctionné jusqu'à présent.

Aujourd'hui, les pays disposant de l'arme atomique sont au nombre de neuf. Il y a d'abord les cinq puissances nucléaires « historiques » : États-Unis, Russie, Royaume-Uni, France et Chine. Ce sont aussi les cinq

Maquette de la bombe nucléaire *Fat Man*, du type de celle qui explosa à Nagasaki le 9 août 1945.
© Domaine public / Photo réalisée dans le cadre des fonctions officielles d'un agent de l'armée américaine

pays membres permanents du Conseil de sécurité des Nations-Unies, tel que fixé dans l'article 23 de la Charte de l'ONU adoptée en 1945. Est-ce une coïncidence ? Pas totalement : après la Seconde Guerre mondiale, l'arme atomique devient associée à la puissance, politique et militaire. Il était donc attendu que ces cinq pays se dotent de la Bombe. Pour limiter la prolifération des armes nucléaires, un « Traité de non-prolifération » est signé en 1968. Par convention dans ce traité, est considéré comme « puissance nucléaire » tout pays signataire ayant conduit un essai avant la conclusion du traité. Trois pays refusèrent de le signer, afin de conserver la possibilité légale de se constituer en État nucléaire après cette date : l'Inde, Israël et le Pakistan. Quant à la Corée du Nord – neuvième État nucléaire – elle commença par signer le Traité avant d'en annoncer son retrait.

Et la France ? Nous commémorons également en 2025 le 80e anniversaire de la création du Commissariat à l'énergie atomique (aujourd'hui « et aux énergies alternatives »). La reconstruction de la France envisagée par le général de Gaulle passait nécessairement, pour lui, par l'énergie nucléaire… et la bombe atomique. L'atome, dès cette époque, était en effet à la fois symbole de modernité et de puissance. Le programme nucléaire militaire français fut lancé par les responsables politiques de la IVe République. Nombre d'entre eux estimaient en effet indispensable que le pays soit doté de cette arme. Il s'agissait à la fois d'effacer le traumatisme de la défaite (« plus jamais 1940 ») et de disposer du même statut que nos principaux alliés de l'époque, les États-Unis et le Royaume-Uni, au sein de l'Alliance atlantique créée en 1949. En 1958, tout est prêt pour le premier essai nucléaire français. Mais c'est le retour au pouvoir du général de Gaulle qui permit au pays de se constituer véritablement en puissance nucléaire. En effet, il disposait de la légitimité nécessaire pour lancer un véritable programme d'avions, de sous-marins, de missiles et d'armes, sans lequel un pays ayant réalisé un essai n'est qu'une puissance nucléaire symbolique. Deux ans plus tard, il y a donc 65 ans, l'essai « Gerboise bleue », à Reggane (Algérie française), fait entrer la France dans le club très fermé des États nucléaires et, dès 1964, le premier bombardier Mirage-IV emportant une bombe atomique prend l'alerte. Aujourd'hui, la France est une « puissance nucléaire moyenne », disposant d'un arsenal d'environ 300 armes pouvant être emportées par des chasseurs-bombardiers Rafale et des sous-marins nucléaires lanceurs d'engins. ■

Jean-Charles FOUCRIER
Docteur en histoire, chargé de recherches, d'études et d'enseignement-bureau doctrines, opérations et renseignement du Service historique de la Défense

LA GUERRE DES SCIENTIFIQUES (1939-1945)

La Seconde Guerre mondiale a été marquée par des avancées scientifiques et technologiques majeures, motivées par les besoins militaires. L'historien Jean-Charles Foucrier présente ici trois exemples de cette « recherche opérationnelle ».

Le physicien britannique John Bernal (1901-1971) l'affirme, le second conflit mondial « fut depuis le début une guerre scientifique, et n'eut de cesse de l'être de plus en plus au fil de sa progression ». De fait, dans les domaines les plus variés, allant du développement du radar à la bombe atomique, en passant par la stabilisation de la pénicilline ou encore les prémices de l'informatique, ce cataclysme planétaire a fait office de catalyseur pour la recherche.

À l'image de Bernal, la grande majorité des chercheurs impliqués dans l'effort de guerre, hommes et femmes, n'ont à l'origine que peu ou pas d'expérience de la chose militaire, propulsés scientifiques en guerre *ex abrupto* au début des hostilités. Libres ou contraints, ils œuvrent pour le meilleur comme pour le pire, le plus souvent en relative sérénité dans leurs laboratoires, parfois au péril de leur vie dans une cave clandestine, voire un camp de concentration. Les six années du conflit pavent la voie de ce qui commence en 1939 à être dénommé la « recherche opérationnelle » et sont à l'origine d'innovations marquant durablement le quotidien de l'après-guerre. Les pages de ce dossier entendent mettre en lumière quelques-unes des grandes réalisations héritées de la Seconde Guerre mondiale, en s'attachant aux portraits de scientifiques de toutes nationalités engagés dans la recherche combattante.

Démantèlement de la pile nucléaire expérimentale allemande à Haigerloch, à 50 km au sud-ouest de Stuttgart, avril 1945.
© Domaine public / Sergent Malcolm (Mickey) Thurgood, photographe de l'armée américaine affecté à la mission Alsos

LES SCIENTIFIQUES ALLEMANDS ET L'ATOME

L'Allemagne nazie était-elle proche de se doter de la bombe atomique en 1945 ? Cette question est certainement la plus redondante dans la littérature et les documentaires consacrés à cette thématique. Si la réponse n'est guère complexe et n'a rien de spectaculaire – « Non, loin de là » –, il apparaît plus intéressant d'évoquer le rôle précurseur des scientifiques allemands dans la recherche atomique à partir de 1938, dont les grands bénéficiaires seront finalement les Alliés.

Le 21 décembre 1938, le physicien Otto Hahn et le chimiste Fritz Strassmann procèdent au bombardement de l'uranium avec des neutrons, observant l'apparition de « petits éléments ». Les deux scientifiques allemands informent de leur expérience leur ancienne collègue chimiste Lise Meitner, d'origine juive, frappée par les lois antisémites, et réfugiée au Danemark. Secondée par son neveu, le physicien Otto Frisch, Meitner définit en janvier 1939 la division des atomes d'uranium sous le terme de « fission ». Selon les deux théories de la relativité formulées par Albert Einstein en 1905 et 1916, la conversion attendue de la masse devrait produire une gigantesque énergie, inconnue jusqu'ici. Très vite, les grands noms de la recherche internationale, dont le Danois, Niels Bohr, et le Français, Frédéric Joliot-Curie, confirment et affinent dans les premiers mois de 1939 cette mise en évidence de la fission nucléaire, dont la finalité militaire ne peut manquer de marquer les esprits, quelques mois après les précaires accords de Munich signés en septembre 1938.

Irène et Frédéric Joliot-Curie dans le laboratoire de chimie à l'Institut du Radium (photographe inconnu), 1934. Collection ACJC.
© Musée Curie

En Allemagne, l'élaboration d'une nouvelle arme atomique pourrait sérieusement s'envisager sous l'égide du jeune prodige mondial de la physique, Werner Heisenberg, prix Nobel en 1932 à seulement trente-et-un ans. C'est avec une remarquable pertinence que ce dernier estime l'année où la machine industrielle américaine parviendra à tester sa première bombe : 1945. Le défi, pour le Reich, serait de concrétiser un programme atomique militaire avant cette échéance. Toutefois, trois facteurs vont rapidement disperser les chimères d'une « bombe nazie ». Le premier est Hitler lui-même. Peu versé dans les sciences dures, le Führer saisit mal la signification de cette nébuleuse fission atomique, à l'instar de la plupart de ses contemporains, dont Churchill, sceptique, qui a tendance à bien se « satisfaire des explosifs existants ». Faute d'utilité lors des premiers succès de l'armée allemande, Hitler n'accorde que peu d'intérêt à la découverte. Par la suite, il préfèrera miser sur les armes « V », bien plus concrètes, mais pourtant largement inefficaces, dont l'élaboration dépassera le coût du projet Manhattan américain.

La deuxième cause de l'échec allemand découle de la première. Faute de priorisation impérieuse de la part d'Hitler, le projet atomique Uranverein ne bénéficie que de peu de crédits et tombe dans la jungle létale du système administratif nazi, où essaiment les organismes rivaux, qui se neutralisent. Isolé sur la scène internationale, resté fidèle au régime nazi, Werner Heisenberg échoue comme les autres scientifiques allemands, choisissant un modérateur (l'eau lourde) peu efficace pour la construction de son réacteur. Son projet ne fonctionnera jamais, comme s'en rendront compte tardivement les Alliés en le découvrant à la fin du conflit, ces derniers n'ayant jamais été certains de leur avance – pourtant écrasante.

La dernière explication relève de l'ironie de l'histoire. Au début des années 1930, l'Allemagne détient 33 des prix Nobel sur la centaine décernée dans les sciences depuis le début du siècle, loin devant le Royaume-Uni (18) et les États-Unis (6). L'arrivée d'Hitler au pouvoir puis la promulgation des lois antisémites provoquent une véritable hémorragie de la recherche allemande, qui compte une forte proportion de scientifiques d'origine juive. Parmi eux, près de 2 600 hommes et femmes quittent le Reich en 1933, trouvant refuge dans les universités britanniques et américaines, qui

acceptent volontiers cette manne scientifique émanant du nazisme. Le plus célèbre d'entre eux reste certainement Albert Einstein, pourtant non impliqué dans l'élaboration de la bombe atomique, qu'il croit à l'origine inconcevable avant des dizaines d'années, et qu'il rejette moralement. À l'inverse, Leó Szilárd, son ancien élève d'origine hongroise, est l'un des pères du projet Manhattan, autour duquel gravitent de nombreux scientifiques allemands exilés, dont Otto Frisch, évoqué plus haut, et son collègue Rudolf Peierls, qui alertent dès mars 1940 les Britanniques sur le danger des radiations. Parmi d'autres grands noms de scientifiques allemands et autrichiens d'origine juive, tels Victor Weisskopf et Franz Simon, le cas du physicien Klaus Fuchs pousse encore plus loin l'ironie des exils scientifiques du nazisme. Directement impliqué dans le projet atomique aux États-Unis, ce communiste convaincu est aussi un agent des services secrets soviétiques, auxquels il transmet les secrets du projet Manhattan – ce que s'étaient bien gardés de faire les Alliés occidentaux. Dès 1947, Staline disposera de sa propre bombe A.

Vacciner pour vaincre

Lors de la Première Guerre mondiale, les poux et les moustiques représentent des nuisances parmi d'autres dans le quotidien des combattants sur le front occidental, sans toutefois entraîner d'épidémies sérieuses de typhus ou de paludisme, grâce à l'observance de règles d'hygiène élémentaires à l'arrière. Le constat apparaît bien différent sur les autres fronts, où les maladies infectieuses ravagent l'armée ottomane bien davantage que les combats, et vont jusqu'à contribuer à la défaite de la Serbie. Choléra et typhus se répandent de manière incontrôlée sur le front Est, puis lors de la guerre civile russe, au point même d'inquiéter un temps Lénine : « Ou bien les poux vaincront le socialisme, ou bien le socialisme vaincra les poux ».

En juin 1941, l'armée allemande s'élance de nouveau vers l'Est, et se retrouve rapidement face à ses démons de la guerre précédente. Si des vaccins contre le typhus commencent à être développés un peu partout dans le monde, ce n'est pas encore sérieusement le cas en Allemagne. Les poux sévissent sur les soldats épuisés devant Moscou, s'ajoutant aux causes nombreuses de la défaite. Pour faire face au fléau, les autorités nazies entreprennent deux actions : s'emparer des vaccins conçus par des nations occupées, et créer un sérum purement national.

Pour la première solution, les Allemands disposent depuis septembre 1939 des travaux extraordinaires du Polonais, Rudolf Weigl, professeur à l'université de Lwów. À grand renfort de patience, ce biologiste éprouvé est parvenu à élaborer un vaccin contre le typhus à partir d'un élevage pérenne de poux contaminés, en les infectant manuellement. Célèbre mondialement au début de la guerre, réquisitionné par l'occupant, Weigl parvient à réduire l'efficacité de son vaccin au profit de la Wehrmacht, par ailleurs disponible en quantités très limitées, tout en approvisionnant la résistance polonaise. L'autre source d'approvisionnement allemand provient de l'Institut Pasteur, qui continue de fonctionner dans Paris occupé. Plusieurs microbiologistes, dont en premier lieu la Franco-Polonaise, Hélène Sparrow-Germa, se sont inspirés de la méthode de Weigl pour produire un vaccin efficace issu de poumon de lapin, qui permet d'enrayer une épidémie de typhus à Tunis en 1941. À l'instar de leurs collègues polonais, les scientifiques français de l'Institut Pasteur s'emploient à contrecarrer en partie les réquisitions imposées par l'occupant, là-aussi bien insuffisantes pour les millions de soldats de l'Axe engagés sur le front Est.

Le seul espoir réel de vaincre le typhus repose sur l'élaboration d'un vaccin par les scientifiques allemands. Parmi les médecins désignés pour mener à bien cette tâche figure le médecin en chef de Buchenwald, Erwin Ding-Schuler. Nazi opportuniste, en mal de reconnaissance universitaire, ce jeune officier SS se montre prêt à tout pour briller, utilisant les prisonniers du camp comme « matériaux », selon la sinistre expression utilisée, comme

Hôpital du Val-de-Grâce, Paris. Une séance de vaccination durant la Première Guerre mondiale.
© Musée du Service de santé des armées

Marin blessé à bord d'un chalutier armé, patrouilleur auxiliaire dans un convoi, mars 1940.
© Jean Manzon / Service cinématographique de la Marine / ECPAD / Défense

sujets d'expérience, ou comme incubateurs du typhus. Ding-Schuler tente de reprendre la méthode des médecins polonais et français mais, dénué de toute habilité et dans des conditions d'hygiène horrifiques, il ne fait qu'entraîner à la mort dans des souffrances indescriptibles des dizaines de condamnés. Le médecin nazi se laisse capturer par les Alliés en 1945 et se suicide en prison – deux ans avant la disparition de son épouse, victime du typhus.

De manière moins virulente, le paludisme, également appelé malaria, représente une menace sérieuse durant la Seconde Guerre mondiale en Europe, notamment en Grèce et en Ukraine pour l'Axe, et en particulier pour tous les belligérants lors de la campagne d'Italie, qui débute à l'été 1943. Le problème est toutefois bien pire dans le Pacifique, où la maladie ravage les rangs des Américains et des Japonais, au point parfois de suspendre les opérations et de retirer du front des armées entières. Il existe bien des pilules dites « magiques », comme l'atabrine, mais dont l'efficacité se révèle aléatoire, provoquant en outre de sérieux effets secondaires dont la jaunisse – au point parfois pour les soldats américains de préférer le risque du paludisme. Des expériences de vaccins, réalisés aux États-Unis dans des prisons sur des détenus américains consentants, ne donnent pas non plus de résultats probants. La seule solution efficace revient à supprimer le problème à la base : les moustiques.

En 1942, les Suisses viennent à bout de leur propre guerre interne contre les doryphores, qui menaçaient l'une de leurs importantes sources de subsistance en temps de guerre, les pommes de terre. Fidèles à leur neutralité, les autorités helvétiques transmettent aux belligérants le contenu chimique de leur dichloro-diphényl-trichloroéthane. Les Américains, bien plus intéressés et réactifs que les Allemands, saisissent tout le potentiel de cette arme face aux moustiques, et aussi aux poux. À partir de 1943, les ravages du paludisme demeurent ainsi très limités du côté allié, en Méditerranée puis dans le Pacifique, grâce à l'invention suisse bientôt connue après-guerre sous son sigle : DDT.

La légion oubliée des vainqueurs d'Enigma

En dehors des cercles de mathématiciens et d'informaticiens, le nom d'Alan Turing ne rencontre un certain écho qu'au début des années 1970, lors de la levée du

secret concernant le décryptage allié de la machine à chiffrer allemande Enigma. Au tournant du XXIe siècle, grâce à des œuvres littéraires et cinématographiques à destination du grand public, le « génie britannique » finit par bénéficier d'une certaine popularité *a posteriori*, plus d'un demi-siècle après sa disparition en 1954, au point d'éclipser la longue cohorte des décrypteurs d'Enigma. Alan Turing n'était pourtant pas le seul, ni le premier, loin s'en faut, à s'intéresser à cette arme-machine de l'armée allemande.

Le combat contre Enigma commence bien avant la Seconde Guerre mondiale, dès son apparition au sein de la Wehrmacht à la fin des années 1920. Les militaires polonais sont les premiers à s'attaquer à ce nouvel appareil de cryptage, en plus des chiffres soviétiques – l'Allemagne et l'URSS étant historiquement leurs voisins les plus ombrageux. Ils vont très vite appliquer ce qui fera défaut à l'armée française : s'ouvrir au monde civil, en recrutant les meilleurs universitaires. Le jour de Noël 1932, à l'aide de renseignements sur Enigma fournis par les services secrets français, et surtout grâce à un talent et une intelligence hors du commun, le jeune mathématicien Marian Rejewski est le premier à triompher d'Enigma. Bientôt secondé par ses collègues Henryk Zygalski et Jerzy Różycki, il développe une série de machines électromécaniques capables de faciliter le décryptage régulier des chiffres allemands, qui se poursuit secrètement jusqu'à la fin de la décennie.

Au Royaume-Uni, Enigma intéresse de prime abord les décrypteurs britanniques dans sa version commerciale, celle qu'utilise l'armée nationaliste de Franco durant la guerre d'Espagne. Cette variante simplifiée est vaincue par le professeur d'université Dilly Knox, helléniste de formation. Ce dernier est également très près de venir à bout de l'Enigma de l'armée allemande en juillet 1939, lorsque Varsovie se résout à révéler son grand secret aux services secrets britanniques et français. À l'issue de l'invasion de la Pologne en septembre, les mathématiciens polonais sont recueillis par l'armée française et intégrés dans son service de décryptage – qui n'avait jamais, jusque-là, été en mesure de vaincre quelque version que ce soit d'Enigma. Une communauté du décryptage s'établit au cours de l'automne entre le « PC Bruno » à Gretz-Armainvilliers (en Seine-et-Marne), et Bletchley Park dans la banlieue de Londres. Fraîchement recruté et initié aux mystères du décryptage, Alan Turing effectue ainsi le voyage en janvier 1940 à Paris. Les Alliés sont fréquemment en mesure de lire les chiffres ennemis lors de la campagne de Norvège et de l'offensive allemande à l'ouest au printemps 1940, sans pour autant infléchir le cours de l'histoire.

En juin 1940, lors de la défaite militaire française, le service de Bletchley Park se retrouve pratiquement seul face aux chiffres ennemis. Les universitaires affluent, au demeurant recrutés en masse par l'armée britannique dans toutes les spécialités militaires, pour alimenter la recherche opérationnelle. Outre de brillants mathématiciens, tels Hugh Alexander, John Herivel, John Jeffreys et Peter Twinn, les meilleures recrues proviennent aussi d'autres disciplines jugées utiles au décryptage, comme les lettres classiques (Dilly Knox et Stuart Milner-Barry). L'élément le plus décisif de ces jeunes prodiges est toutefois Gordon Welchman, professeur de mathématiques à Cambridge. Ce dernier participe directement au décryptage, améliorant notamment la « bombe » imaginée par Alan Turing et qui n'aurait été en mesure de pleinement fonctionner sans lui, tout en réorganisant de fond en comble le fonctionnement du service, qui compte rapidement des milliers de scientifiques, techniciens, opérateurs et autres officiers de renseignement. Véritable architecte de Bletchley Park, Gordon Welchman permet à l'arme secrète des Britanniques de livrer son plein potentiel jusqu'à la victoire.

La machine Enigma, légère et compacte, est utilisée par l'armée allemande sur les théâtres d'opérations, aux niveaux tactiques et opératifs. Pour les communications entre quartiers généraux disséminés dans le Reich et l'Europe occupée, d'autres matériels sont employés : les machines de Lorenz. Ces grands appareils disposent d'un nombre de rotors bien supérieur à ceux d'Enigma, demeurant invulnérables aux attaques initiales. Un mathématicien de 24 ans, William T. Tutte, parvient en 1942 à repérer une faille et à élaborer une solution théorique de décryptage. Elle est toutefois inapplicable à l'échelle humaine, et même hors du potentiel de la bombe de Turing-Welchman. Deux hommes, le scientifique Max Newman et l'ingénieur Tommy Flowers, vont matérialiser l'éclair de génie de Tutte en construisant le « Colossus ». Cet ancêtre volumineux de l'ordinateur (il pèse une tonne), utilisant des composants électroniques et programmable manuellement, est opérationnel juste avant le débarquement de Normandie. Il permet de décider au dernier moment le commandant suprême, Eisenhower, d'ordonner l'offensive le 6 juin 1944.

Ces quelques exemples thématiques, parmi de nombreux autres, illustrent les apports cruciaux de la science durant la Seconde Guerre mondiale, l'une des clés de la victoire alliée. La « recherche opérationnelle », selon l'appellation désormais admise, demeure au lendemain du conflit solidement ancrée au sein des forces britanniques et américaines. L'armée française intègre à son tour cette formule éprouvée à partir des années 1960, désormais appliquée notamment au sein du commandement du combat du futur. ■

Machine cryptographique de type « Enigma ».
© Domaine public. Ce cliché est l'œuvre d'un employé de la CIA.

Benoît POUGET
Maitre de conférences en histoire contemporaine à Sciences Po Aix

MÉDECINE EN GUERRE

La Grande Guerre a révolutionné la médecine militaire, avec des avancées majeures face aux traumatismes modernes et aux épidémies. Benoît Pouget souligne ici l'apport des médecins militaires, notamment, à Marseille, dans le développement de la médecine tropicale. Ses travaux révèlent aussi comment la médecine légale a transformé l'enquête sur les violences extrêmes depuis 1945.

Dans quelle mesure la Première Guerre mondiale comme guerre de masse constitue-t-elle une rupture médico-militaire ?

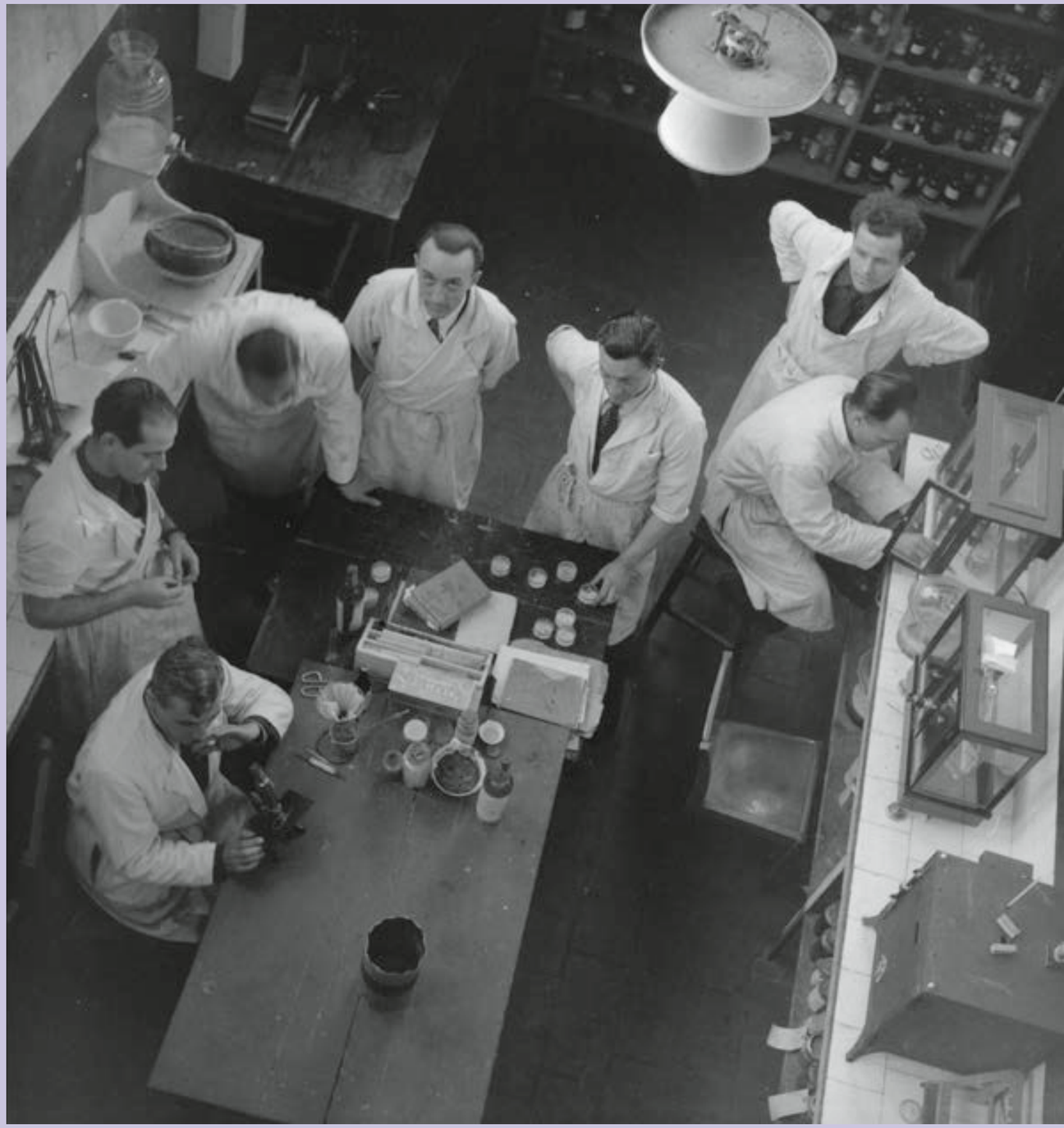
Lors de ce conflit, la plupart des nations belligérantes entrent en guerre en sachant que la médecine jouerait un rôle important. Les défis concernent d'abord la logistique : le ramassage des blessés et leur acheminement vers les installations dédiées aux soins primaires, l'organisation des hôpitaux, la mobilisation en masse de soignants. La capacité des services de santé à assurer des soins efficaces pour des soldats présentant des traumatismes sévères – physiques comme psychiques – et très vulnérables aux épidémies comme aux maladies infectieuses est également mise à l'épreuve. Les échecs de la médecine militaire, constatés dès 1914, conduisent à de profondes réformes. Des chaînes d'évacuation capables d'exploiter les liaisons de transport existantes (routes et voies ferrées) sont établies ; un effort important concerne la recherche de nouvelles thérapeutiques alors que les services hospitaliers sont restructurés. L'émergence de nouveaux types de blessures, infligées par les armes modernes, stimule les importants progrès des techniques chirurgicales – notamment en matière de chirurgie réparatrice (gueules cassées) – et de transfusion sanguine. Un saut qualitatif est observé avec l'organisation de campagnes de vaccinations systématiques, la mise en place de mesures de prévention contre les épidémies ainsi que dans le traitement des névroses de guerre. Néanmoins, si les progrès sont indéniables, le processus de médicalisation des armées est, à la fin du conflit, encore largement inachevé.

La région de Marseille, où vous enseignez, a accueilli de 1905 à 2013 l'Institut de médecine tropicale du Service de santé des armées du Pharo. Quel rôle ont joué les médecins militaires dans les progrès de la médecine tropicale française ?

L'Empire colonial offre aux médecins des armées un laboratoire de premier ordre afin de renforcer leurs connaissances par l'observation *in situ* ou par les nombreux échanges avec les soignants locaux. L'historien américain Michael A. Osborne a éclairé le rôle décisif joué par les médecins de la Marine dans l'émergence d'une école française de médecine tropicale et son institutionnalisation avec l'École du Pharo, inaugurée à Marseille le 3 juillet 1906. Ainsi affiliés à un établissement qui articule formation et recherche, « Ceux du Pharo » participent pleinement à la « pasteurisation » du pays et de son empire colonial. Dans la lignée de leurs illustres prédécesseurs, comme Alphonse Lavéran (qui découvre l'hématozoaire du paludisme) ou Albert Calmette (un des pères du BCG), ils contribuent à d'importants progrès, par exemple dans la lutte contre la trypanosomiase (maladie du sommeil), dans la vaccination antipaludique ou encore dans la mise au point d'un traitement de la méningite cérébro-spinale. Au total, les 9 000 médecins passés par l'École du Pharo ont puissamment participé à faire de la médecine tropicale française une référence internationale.

Vos recherches portent plus particulièrement sur les situations de violence extrême. Quelles sont, dans ce cas, les apports de la science médico-légale dont dispose la justice internationale ?

Les études consacrées au traitement des restes humains dans les contextes marqués par la violence extrême/mort de masse ont depuis une quinzaine d'années mis en évidence l'avènement d'un « forensic turn ». Il consiste en la manière dont l'arrivée d'experts pathologistes et anthropologues a considérablement modifié l'approche des matérialités de la mort de masse. Cette mobilisation croissante de la science médico-légale accompagne depuis 1945 une centralité croissante accordée à la preuve « forensique » par la justice internationale en matière de crime de guerre/contre l'humanité. Lors du premier procès de Nuremberg contre les dignitaires nazis (1945-1946), les investigations menées par les médecins-légistes, notamment soviétiques, dès la libération des territoires et la découverte des camps, ont démontré l'organisation systématique des exterminations. L'historien britannique Paul Weindling a éclairé comment, lors du procès des médecins, les constatations du Britannique, Keith Mant, ont contribué à objectiver les expériences menées sur les déportés dans le camp de Ravensbrück. ■



Laboratoire du service du ravitaillement général à l'école d'application du Service de santé des troupes coloniales, avril 1942.
© Maurice Crespi / SCA / ECPAD / Défense

Marie-Laure GRIFFATON
Directrice du département scientifique et des collections du musée de l'Air et de l'Espace du Bourget

LES SCIENCES ET LA GUERRE DANS LES COLLECTIONS
DU MUSÉE DE L'AIR ET DE L'ESPACE PARIS-LE BOURGET

Depuis 1975, le musée est installé sur le site historique de l'aérogare de Paris-Le Bourget (Seine-Saint-Denis). Placé sous tutelle du ministère des Armées, il bénéficie depuis 2002 de l'appellation « musée de France ». Sa collection, unique au monde, couvre les trois domaines du vol : l'aérostation, l'aviation et, depuis 1983, le spatial.

Né en 1919 dans l'esprit d'un ingénieur, Albert Caquot, le musée de l'Air se constitue autour d'un objectif clair : « donner au public la faculté de s'initier à une nouvelle science appelée à lui être d'une utilité immédiate et quotidienne ». Dès 1921, sont exposées sur le site de Chalais-Meudon (actuel département des Hauts-de-Seine) des collections visibles aujourd'hui dans la Grande Galerie du musée rénovée en 2019. Elles évoquent notamment les multiples recherches et inventions dans le domaine de l'aérostation, en particulier celles du colonel Charles Renard à la fin du XIX[e] siècle et d'Albert Caquot, polytechnicien dont le modèle de ballon captif s'est avéré très performant pour les missions d'observation pendant la Première Guerre mondiale. Elles donnent à voir sur les aéroplanes des innovations telles que le système du tir à travers l'hélice testé de manière empirique dans l'urgence du conflit.

© MAE-Le Bourget / T. Rieu

Ces évolutions techniques de toutes natures sont par ailleurs largement représentées dans les fonds photographiques et documentaires consultables à la médiathèque du musée. Un ensemble témoigne, par exemple, du rôle majeur joué dès 1912 par Marie Marvingt dans la conception d'avions-ambulances destinés aux évacuations sanitaires.

Dans le hall des Prototypes, complémentaire de celui consacré à la période 1939-1945, sont présentés des appareils représentatifs de la profusion technologique au lendemain de la Seconde Guerre mondiale. On y observe le SO.6000 Triton (1946), premier avion à réaction français conçu dans la clandestinité par Lucien Servanty en 1943. On y découvre les recherches sur le décollage vertical ou encore la quête des vitesses supersoniques, avec le Dassault Mystère IVA 01, premier avion français à franchir le mur du son en 1953.

La recherche scientifique s'incarne également dans les études conduites par le centre d'essais en vol. De nombreux appareils issus de cette entité sont conservés à Dugny (Seine-Saint-Denis) sur le site des réserves du musée. « Recueillir annuellement les engins caractéristiques des progrès acquis » a été en effet un objectif fondateur du musée, que celui-ci s'efforce de poursuivre au quotidien, à l'image de l'arrivée récente du Transall Gabriel, avion de guerre électronique utilisé jusqu'en 2022 comme laboratoire d'écoutes volant.

Les collections documentent également les recherches en matière de balistique et d'aérodynamique. Elles retracent l'évolution des types de missiles, des lanceurs et des installations de la dissuasion nucléaire du plateau d'Albion, démantelées en 1996. Elles présentent les innovations rendant possible la propulsion d'armes sur de longues distances, ainsi que le développement de satellites devenus essentiels pour l'écoute, le renseignement, la transmission sécurisée des informations et la coordination des forces armées.

Fin 2026, une exposition consacrée à l'intelligence artificielle invitera les visiteurs à porter un regard critique sur l'évolution exponentielle de cette technologie au service de la défense, en temps de paix comme en temps de guerre. ■

Laurent SEILLIER
Professeur d'histoire-géographie missionné à La Coupole

LE CENTRE D'HISTOIRE DE LA COUPOLE

Bunker souterrain construit par l'Allemagne nazie, La Coupole est un site singulier, où il est aujourd'hui possible de mener, avec les élèves, un véritable travail interdisciplinaire en histoire et en sciences. Visite-guidée par Laurent Seillier, professeur relais à La Coupole.

Le blockhaus de La Coupole, situé près de Saint-Omer dans le Nord de la France (département du Pas-de-Calais), figure parmi les vestiges les plus impressionnants de la Seconde Guerre mondiale en Europe. Cet immense bunker, construit par l'organisation Todt entre 1943 et 1944, devait servir de base de préparation et de lancement des missiles V2 contre Londres. Abandonné par les Allemands au cours de l'été 1944, le site tombe dans l'oubli avant d'être réhabilité en centre d'histoire en 1997.

Une expérience immersive et interactive à La Coupole : ici, la préparation d'un tir de missile en réalité augmentée
© Histovery

Il fait partie aujourd'hui des lieux de mémoire les plus fréquentés par les scolaires français et étrangers, accueillant chaque année plus de 35 000 élèves.

Dès l'origine, le programme historique et scientifique de La Coupole a été conçu comme un complément du programme d'histoire et de sciences dispensé dans le secondaire. Les collégiens et les lycéens viennent y découvrir ce qu'a été l'histoire du Nord de la France sous l'Occupation ou bien encore comprendre les notions de guerre totale et de guerre d'anéantissement au travers des armes secrètes allemandes, les V1 et les V2. De véritables objets d'époque comme un missile balistique A4/V2 et un missile de croisière Fi103/V1 leur permettent de mieux appréhender les progrès scientifiques et techniques qu'il a fallu accomplir pour la mise au point de ces armes. La compréhension du fonctionnement d'un réacteur ou bien encore d'un tir balistique est facilitée par des animations 3D présentées sur des tablettes interactives. Ils suivent la trajectoire de Wernher von Braun, le concepteur nazi des missiles V2, de ses premiers pas d'amateur d'astronautique à celui d'ingénieur aérospatial qui envoya l'homme sur la Lune en 1969 et sont ainsi amenés à réfléchir sur l'implication des scientifiques dans la société de leur temps.

Des ateliers historiques et scientifiques conçus par des enseignants détachés et les médiateurs de La Coupole sont également proposés aux élèves. Ils peuvent par exemple retracer le parcours d'un déporté résistant à partir de documents issus des archives de la Défense : rechercher son engagement dans la Résistance, les raisons de son arrestation et son destin dans l'univers concentrationnaire, en particulier dans le camp de concentration de Dora qui alimentait en main-d'œuvre l'usine où étaient fabriqués les V2. L'atelier scientifique « Les secrets d'Ariane » permet d'aborder à travers plusieurs expériences différentes notions comme celles de gravité, de réaction chimique, etc.

Depuis 2012, un planétarium 3D ultramoderne vient compléter le site afin de permettre aux visiteurs de mieux appréhender l'univers qui nous entoure. Aussi, de nombreuses classes assistent à l'un des modules proposés. Elles peuvent découvrir l'odyssée de la conquête spatiale ou bien encore aborder des aspects plus scientifiques, comme par exemple la composition du système solaire. ■

OUVRAGES

+ D'EXPOSITIONS
+ D'OUVRAGES
cheminsdememoire.gouv.fr

MAÎTRISER LE CIEL

Les Américains et les Britanniques n'étaient pas certains de mener à bien le débarquement en Normandie le 6 juin 1944. Inquiets d'une éventuelle intervention de la Luftwaffe, ils organisent sa destruction. Une opération peu connue, baptisée *Argument*, est mise sur pied durant l'hiver 1943-1944 et lancée dans la dernière semaine de février 1944. Elle réunit quatre armées aériennes alliées, soit une masse encore jamais rassemblée de 3 000 bombardiers et chasseurs. Le piège fonctionnera au-delà de toute attente : la Luftwaffe est anéantie en quelques semaines, l'industrie allemande durement frappée et la réussite du débarquement en Normandie assurée. En s'appuyant sur les travaux récents, ce livre raconte cette campagne décisive pour la supériorité aérienne sur l'Europe.

FOUCRIER Jean-Charles, *Le ciel du Reich. 1944*, Perrin, 2025, 296 pages, 25 €.

NEUTRALISER ENIGMA

Automne 1931. Un employé du chiffre allemand vend à des agents du contre-espionnage français un étonnant secret. C'est le début d'un combat de dix ans pour casser la plus abstraite et complexe des machines de codage jamais inventées. De la Pologne agressée à la campagne anglaise, des montagnes suisses aux cales des U-Boote en guerre, une course-poursuite dans un labyrinthe de chiffres, de lettres et de trahisons.

TILLON Fabien (scénario), BONACCORSO Lelio (dessin), TURING Dermot (œuvre originale) *Qui a cassé Enigma ?*, Nouveau Monde / ministère des Armées, 2022, 116 pages, 19,90 €.

HISTOIRE SECRÈTE DE LA BOMBE

Le 6 août 1945, Hiroshima est ravagée par la première bombe atomique, marquant l'entrée dans l'ère des armes de destruction massive. Ce roman graphique de 450 pages en retrace les coulisses, à travers les yeux de ses acteurs clés : scientifiques (Oppenheimer), politiques (Roosevelt, Truman) et figures méconnues comme Leó Szilàrd, qui milita pour le développement puis contre l'usage de la bombe, ou Ebb Cade, victime d'expériences secrètes. De l'Afrique à l'URSS, en passant par les États-Unis, l'ouvrage dépeint avec précision les enjeux et conséquences de cette arme. Il s'impose comme une référence sur le sujet.

ALCANTE Didier (scénariste), BOLLÉE Laurent-Frédéric (scénariste), RODIER Denis (dessinateur), *La bombe*, Glénat, 2020, 472 pages, 39 €.

ENJEUX ET TECHNOLOGIE

Dans un monde où les drones civils et militaires se multiplient, cet ouvrage d'Olivier Dujardin et Lauraline Maniglier explore les défis posés par ces appareils et les stratégies pour les contrer. Il analyse les évolutions technologiques, les applications militaires et les risques liés à la prolifération des drones. Les auteurs examinent les systèmes de détection, de neutralisation et de cyberdéfense développés pour faire face à cette menace croissante. Ce livre offre ainsi une vision complète des enjeux actuels et futurs dans le domaine des drones et de la lutte anti-drones, en s'appuyant sur des cas concrets et des analyses stratégiques.

DUJARDIN Olivier, MANIGLIER Lauraline, *Drones et lutte anti-drones*, Ellipses, 2025, 336 pages, 45 €.

PODCASTS

SCIENCE ET HUMANITÉ PENDANT LA GRANDE GUERRE

Scientifique de renom, pionnière de la radioactivité, première femme à recevoir un prix Nobel – et la seule à en recevoir deux dans deux disciplines différentes –, Marie Curie (1867-1934) a incarné, à travers son parcours, une certaine idée du progrès scientifique et de l'engagement. Quand le premier conflit mondial éclate, elle participe au déploiement de postes de radiologie en France. Cet engagement dans la Grande Guerre marque un tournant majeur de sa vie.

***Les sciences dans la Grande Guerre*, podcast France Culture, épisode 4/5 de la série « Avoir raison avec … Marie Curie », avec Natalie Pigeard-Micault, historienne et directrice adjointe du musée Curie, 30 minutes, juillet 2025.**

SCIENCE ET ESPIONNAGE PENDANT LA GUERRE FROIDE

Laboratoire de l'arsenal nucléaire américain pendant la guerre froide.
© Domaine public

Au cours de la guerre froide, l'ensemble de la société est mobilisé, y compris la science et les scientifiques. Ceux-ci sont cantonnés, pour les domaines les plus sensibles, dans de grands laboratoires isolés et interdits aux yeux des curieux, à l'Est comme à l'Ouest. On espionne les sites industriels et militaires pour découvrir les dernières innovations de l'adversaire.

***Les sciences en guerre*, podcast Radio Télévision Suisse (RTS), épisode 2/5 de la série « Savoir et pouvoir », avec Alexandre Rios-Borde, spécialiste du renseignement et de la sécurité nationale aux États-Unis, Amy Dahan, historienne des sciences et Pauline Peretz, historienne et spécialiste des États-Unis. Présentation et production : Anaïs Kien, 28 minutes, mai 2025.**

***Portrait du baron René-Nicolas Dufriche Desgenettes* (1762-1837), Horace Vernet, 1828.**
Médecin en chef à l'hôpital militaire du Val-de-Grâce puis inspecteur général du Service de santé des armées.
© Musée du Service de santé des armées, Paris

LE MUSÉE DU SERVICE DE SANTÉ DES ARMÉES

Le musée du Service de santé des armées présente trois siècles d'histoire à travers une rare et précieuse collection. Il est situé au sein de l'ancienne abbaye royale du Val-de-Grâce, transformée en hôpital militaire en 1790. La prestigieuse École du Val-de-Grâce, qui forme les médecins militaires, y est toujours installée.
La collection du musée découle de la création de l'École d'application du Service de santé militaire au Val-de-Grâce par décret du 9 août 1850. Elle prend la forme d'un cabinet d'histoire naturelle et minéralogique constitué par les médecins.
Le musée du Service de santé des armées est officiellement créé en 1916, sous la dénomination de « Documents et Archives de guerre ». Plus de 10 000 objets sont rassemblés au Val-de-Grâce. Les collections sont mises à disposition des futurs officiers du Service de santé.
Le parcours du musée est conçu avec une ambition pédagogique et didactique affirmée. Aujourd'hui, cette institution reste destinée à l'instruction des jeunes générations du Service de santé militaire, tout en documentant les missions passées et présentes du service.
Les travaux de restructuration, engagés en 1984, permettent de doter le musée, pour la première fois, de réserves fonctionnelles avec un mobilier adapté à la conservation du patrimoine. Inauguré en 1993, un nouveau parcours historique et muséographique est proposé, les salles sont ouvertes à tous les publics depuis 1998.

1, place Alphonse Laveran, Paris 5e. Ouvert du mercredi au dimanche de 11h à 18h.

FOCUS

MASQUES À GAZ

Le musée de la Grande Guerre de Meaux et l'Établissement de communication et de production audiovisuelle de la défense (ECPAD) proposent une exposition consacrée aux masques à gaz. Quatorze photographies retracent l'usage de ces appareils pendant la Première Guerre mondiale et évoquent leur réemploi en 1939-1940 avec la peur du retour à la guerre chimique. D'abord fabriqués dans l'urgence au printemps 1915, les masques deviennent vite un élément incontournable de l'équipement du soldat et du civil français. Bâillon, cagoule, lunettes… la protection contre les gaz est protéiforme et la société s'adapte à son usage, souvent complexe et anxiogène. L'entre-deux guerres maintient la place incontournable de cet objet par le biais de la défense passive et les débuts de la Seconde Guerre mondiale voient les troupes et les civils s'équiper en hâte de modèles hérités de la Grande Guerre. Fascinant par l'aspect qu'il confère à ceux qui le portent, le masque est ici raconté à travers des archives exceptionnelles des armées françaises.

***Derrière les masques. Photographies des deux guerres*, musée de la Grande Guerre du pays de Meaux (Seine-et-Marne), jusqu'en août 2026.**

Fernand Holweck
dans son laboratoire à l'Institut du Radium, vers 1924.
Collection Institut du Radium (photographe inconnu).

© Musée Curie

DES MACHINES ET DES HOMMES

L'origine des avions sans pilote correspond, d'une certaine manière, à la naissance de l'aviation et de l'ensemble des progrès techniques associés. Cette dynamique est celle des inventeurs et des ingénieurs en Europe et aux États-Unis. Ainsi en 1909, l'ingénieur américain Elmer Ambrose Sperry développe des applications pratiques gyroscopes qui permettent de stabiliser un avion en vol, c'est l'ancêtre des systèmes de navigation à inertie. Le cœur du dispositif de la commande à distance est celui de la télégraphie sans fil (TSF), dont l'un des artisans est un ingénieur et officier français, le colonel Gustave Ferrié. Ses travaux améliorent la communication à longue distance au sein de l'armée française. Ces progrès vont profiter aux avions sans pilote. À l'été 1917, le capitaine Max Boucher, commandant de l'école d'Avord, réalise l'une des premières expériences de pilotage automatique à l'aide d'un avion Voisin équipé d'un moteur de 150 CV. Aucun pilote n'est à bord de l'appareil et un sac de sable de 95 kilogrammes est positionné sur le siège de l'appareil. De multiples expérimentations ont lieu, l'avion-cible sans pilote de l'ingénieur britannique Archibald Montgomery Low ou en encore l'avion-torpille de l'ingénieur américain Charles Kettering, supportant le guidage automatique grâce à des gyroscopes, des baromètres et des mécanismes pneumatiques. En conséquence, les premières expérimentations des drones ont posé les bases de l'usage que nous connaissons aujourd'hui, et leur évolution continue de réserver des surprises stratégiques.

© Monde et Caméra / Collection musée de l'Air et de l'Espace - Le Bourget

Avion téléguidé de l'ingénieur Maurice Percheron et du capitaine Max Boucher, qui fit ses essais en 1923.

BIOGRAPHIES

Maurice PERCHERON (1891-1963)

© Monde et Caméra / Coll. musée de l'Air et de l'Espace - Le Bourget

Né le 22 juillet 1891 à Arcachon, Maurice Percheron est un ingénieur français pionnier dans le domaine de l'aéronautique et de la télémécanique. En 1912, il est diplômé de l'École supérieure d'aéronautique et de construction mécanique (qui deviendra en 2007 l'ISAE-SUPAERO). Dès le début de ses travaux, il s'investit dans les applications de la TSF avec pour objectif de diriger des avions à distance. En 1923, il participe aux expérimentations de vol sans pilote et permet de renforcer la stabilisation de l'appareil en maîtrisant des actionneurs mécaniques de l'engin face à des conditions météorologiques défavorables. Il est l'auteur de plusieurs ouvrages : *Formulaire du candidat-ingénieur* (1913) ; *Nos avions. L'essor et l'atterrissage* (1914) ; *La direction des avions par T. S. F.* (1921) ; *Manuel pratique pour la conduite et l'entretien des moteurs à explosion dans toutes leurs applications* (1922). Sa carrière est marquée par la combinaison de la science, de l'ingénierie et de l'expérimentation pratique. Maurice Percheron décède en 1963 à Paris. Initiateur de pratiques fondatrices dans l'histoire de l'ingénierie aéronautique, il transmet un champ de réflexions fécond.

Augusta Ada KING, comtesse de LOVELACE (1815-1852)

© DR

Plus connue sous le nom d'Ada Lovelace, elle est la fille du célèbre poète Lord Byron et d'Annabella Milbanke. Elle reçoit une éducation orientée principalement vers la science et les mathématiques. À l'âge de 17 ans, elle fait la connaissance de Charles Babbage, inventeur de la machine analytique. Elle rédige avec lui le premier programme informatique en imaginant l'usage de machines pour traiter des données au-delà des nombres. Fascinée par le potentiel de cette invention, Lovelace traduit un article italien et anticipe la notion moderne d'algorithme en décrivant comment pourraient être exécutées des séquences d'instructions ; elle théorise le concept de programmation. Lovelace défend l'idée selon laquelle les machines peuvent aller au-delà du simple calcul pour modéliser des symboles et créer des œuvres complexes. Chaque année, le « Ada Lovelace Day », créé en 2009 par l'informaticienne Suw Charman-Anderson au Royaume-Uni, rend hommage à son travail et encourage les jeunes filles à s'investir dans toutes les matières liées à la recherche scientifique, la technologie, l'ingénierie et les mathématiques.

CAHIER DÉTACHABLE • LES CHEMINS DE LA MÉMOIRE #N° 292 • AUTOMNE 2025

Auteur : Océane ZUBELDIA, docteur en histoire, directrice du domaine armement et économie de défense, Institut de recherche stratégique de l'école militaire (IRSEM).
À publié *Histoire des drones*, Perrin, 2012.
Composition graphique & Impression : EGCA - Tulle

EN COUVERTURE
Maurice Percheron et l'avion sans pilote, 1923.
© Monde et Caméra / Collection musée de l'Air et de l'Espace - Le Bourget

LES CHEMINS DE LA MÉMOIRE

292

AUTOMNE 2025

LES DRONES : DE LA TRAJECTOIRE DES POSSIBLES AU SOUVENIR

UNE PUBLICATION DU MINISTÈRE DES ARMÉES ET DES ANCIENS COMBATTANTS : SECRÉTARIAT GÉNÉRAL POUR L'ADMINISTRATION
DIRECTION DE LA MÉMOIRE, DE LA CULTURE ET DES ARCHIVES

PROSPECTIVE DRONIQUE

Comment penser les drones de demain ? Ils n'ont jamais été autant au service de l'homme, non pas pour le remplacer complétement, mais surtout pour accomplir des missions complexes, que ce soit sur les théâtres d'opération ou ailleurs. En effet, la distinction entre temps de paix et de guerre a complètement disparu, il n'y a plus aucune frontière. L'utilisation accrue des drones questionne les ressources en terres rares et la souveraineté, qui, *de facto*, agrandit la porosité entre la compétition et la guerre. Les drones, bardés de composants électroniques, ont un besoin vital de métaux critiques pour leurs fonctionnalités très spécialisées (caméras haute résolution, infrarouge, semi-conducteurs, moteurs électriques, etc.). En dépit de ce contexte, la célérité technologique, du fait de sa dualité, reste intacte et ouvre des voies de progrès. L'autonomie des drones, en termes d'algorithmes quantiques, ne concerne pas uniquement la décision, mais permet de traiter plus rapidement d'imposants volumes de données issues de leurs capteurs, dans le cadre de transmissions ultra-sécurisées et résistantes au piratage. La densité énergétique, c'est-à-dire la performance de l'appareil (batteries, carburants et systèmes de stockage), n'est plus une limitation. Des solutions, que l'on estimait peu probables, poids de l'appareil extrêmement réduit et solutions hybrides générées par de l'intelligence artificielle quantique, se développent. Il ne faut pas oublier que l'homme est la source de ces évolutions, innovantes et puissantes, et il lui incombe le devoir scientifique, militaire, et éthique de leur projection.

QUAND LA TECHNOLOGIE FAÇONNE LA GUERRE

En 2024, le marché mondial des drones militaires représentait environ 31 milliards d'euros. Plus ou moins coûteux, suivant le modèle considéré, d'une grande polyvalence et éloignant le combattant du théâtre d'opération, ces appareils font l'objet d'une production de masse et bénéficient de nombreux progrès technologiques. Entre autres, la miniaturisation de leurs composants et le renforcement de l'intelligence artificielle (IA) élargissent l'éventail de leurs capacités (vol en essaim, autonomie, systèmes d'analyse intelligente, etc.). Les dernières observations montrent la généralisation de leur emploi, aussi bien avec du matériel sophistiqué que rustique. Ils ne sont plus l'apanage des grandes puissances et leur usage dépasse les contextes de guerre. On les retrouve déployés dans le cadre de la guerre contre le terrorisme (Afghanistan, Yémen, Mali), des conflits actuels (Ukraine, Gaza, Cambodge-Thaïlande), de survols d'infrastructures critiques (aéroports, centrales nucléaires, bases militaires) ou encore de prisons.

Leur prolifération et la multiplicité des acteurs accentuent le brouillard de la guerre. Les drones peuvent-ils être synonymes d'une déclaration officielle de guerre ? La victoire réside-t-elle dans la destruction de l'ennemi ou dans l'économie de ressources ? La montée en puissance des drones est un défi lié à leur développement et à la lutte menée contre eux.

Drone Reaper de l'escadron de drones 1/33 Belfort conduisant une patrouille aérienne au-dessus du Sahel, 2019.

© Olivier Le Comte / ECPAD / Défense

LES POLITIQUES D'EMPLOI DES DRONES

Mise en œuvre du système de drones MART Mk II en ZDO (zone de déploiement opérationnel) Olive par deux soldats qui s'affairent autour de l'ALT (avion léger télécommandé) à voilure fixe, février 1991.

© Christian Frisch / ECPA / ECPAD / Défense

Au début des années 1990, la chute du bloc soviétique bouleverse profondément les enjeux de la guerre et révèle surtout une nouvelle dimension du champ de bataille. Durant la première guerre du Golfe (août 1990 – février 1991), les États-Unis utilisent des engins inhabités, principalement des RQ-2 Pioneer de facture israélo-américaine qui suivent la logique de la révolution dans les affaires militaires. La France déploie pour la première fois de tels engins sur un théâtre d'opérations, le MART (mini avion de reconnaissance télépiloté) qui servira d'appui aux dispositifs d'observation.

Cette première expérience met en lumière l'intérêt opérationnel de les utiliser et ils apparaissent comme des équipements capables d'être engagés de manière complémentaire avec des dispositifs conventionnels, par exemple des hélicoptères, dans le cadre de missions de coopération interarmées et interalliées. La guerre du Kosovo (mars 1998 – juin 1999) confirme la pertinence de l'emploi du renseignement d'origine aérienne. Le 7e régiment d'artillerie (7e RA) utilise le CL-289 qui effectue plus d'une trentaine de vols en Bosnie-Herzégovine entre le 15 février et le 20 mai 1995. Ils participent à l'application des accords de Dayton (identification, comptabilité des armes et des véhicules). Le combat se numérise de plus en plus et l'acquisition de l'information doit gagner en vitesse. Désormais, les drones ne quitteront quasiment plus le champ de bataille.

DES DÉCENNIES D'EXPÉRIMENTATION

L'usage des drones ne s'est pas réalisé sans effort. En cela, la période de 1930 à 1970 est prolifique. Tout d'abord, aux États-Unis, en 1937, des engins-cibles radioguidés à partir d'avions transformés, N2C-2, larguent des bombes. Cela correspond à des exercices de tir réel contre un avion sans pilote pouvant être radioguidé à une distance de 80 kilomètres. Des exercices sont aussi réalisés en dehors de leurs frontières durant l'été 1944 : des drones équipés de bombes sont déployés dans les îles Salomon. L'industrie américaine se mobilise pour la production d'engins inhabités. Petite anecdote, Norma Jean Dougherty (future Marilyn Monroe) travaille dans la section de construction des engins-cibles, OQ-3 de la firme Radioplane. La France, quant à elle, n'a pas encore d'industrie dédiée aux drones et reconfigure ses avions Vampire 1 en « fin de vie ». Le premier vol entièrement radioguidé a lieu le 12 octobre 1957 au centre d'essais en vol (CEV) de Brétigny-sur-Orge (Essonne). La France s'engage également dans une culture dite de « missile de surveillance téléguidé ».

À partir de la fin des années 1960, le drone de surveillance R20, dérivé de la cible CT20, est largement expérimenté. Un autre pays se démarque : Israël développe une industrie de drones, à la suite des succès opérationnels de ses appareils durant la guerre du Kippour en 1973 (missions de saturation et de leurre des défenses aériennes égyptiennes). Une nouvelle étape s'ouvre.

Ensemble de guidage avec antenne Hyperelec, campagne Larzac, octobre 1967.

© Service historique de la défense, Châtellerault, AA 783 4H2 1362