



**IESF**

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ET  
SCIENTIFIQUES DE FRANCE

**LES  
CAHIERS**

**Avril 2017**



## **DES INGENIEURS POUR BATIR LA DEFENSE DE L'AVENIR**

RAPPORT ISSU D'UNE ETUDE COMMUNE AVEC LE CONSEIL GENERAL DE L'ARMEMENT

[www.iesf.fr](http://www.iesf.fr)



Ce dossier a été établi par un groupe de travail conjoint du Conseil général de l'armement et du Comité Défense d'IESF, présidé par Jacques Bongrand, avec Philippe Clermont, Didier Cornolle, Antoine Coursimault, Eva Cruick, Claudine Fontanon, Alain Gras, Pierre Musso, Eric Pfannstiel, Arnaud Reichart, Carl Trémoureux, Eric Waringhem, Richard Wolsztynski.

### **INGENIEURS ET SCIENTIFIQUES DE FRANCE (IESF)**

La France compte aujourd'hui plus d'un million d'ingénieurs et quelques deux cent mille chercheurs en sciences. Par les associations d'ingénieurs et de diplômés scientifiques qu'il fédère, IESF est l'organe représentatif, reconnu d'utilité publique depuis 1860, de ce corps professionnel qui constitue 4% de la population active de notre pays.

Parmi les missions d'Ingénieurs et Scientifiques de France figurent notamment la promotion d'études scientifiques et techniques, le souci de sa qualité et de son adéquation au marché de l'emploi ainsi que la valorisation des métiers et des activités qui en sont issues.

A travers ses comités sectoriels, IESF s'attache ainsi à défendre le progrès, à mettre en relief l'innovation et à proposer des solutions pour l'industrie et pour l'entreprise. Notre profession s'inscrit pleinement dans le paysage économique et prend toute sa part dans le redressement national.





## SOMMAIRE

### Synthèse

#### Introduction

#### L'évolution du contexte

##### La fonction de défense de l'État

La distinction entre défense et sécurité s'estompe

L'État apparaît moins prédominant parmi l'ensemble des acteurs

Informatisation et information transforment les sociétés et les formes d'affrontements

La gestion des différentes temporalités devient plus ardue

##### La place de l'ingénieur dans la société

L'ingénieur a une identité historique forte

L'ingénieur se transforme : moins responsable hiérarchique, plutôt concepteur ou entrepreneur

L'ingénieur se distingue davantage du scientifique

L'ingénieur a des qualités spécifiques indispensables aux sociétés modernes, mais doit les enrichir

#### La contribution des ingénieurs à la défense

##### Les ingénieurs au ministère de la Défense

Des ingénieurs de plus en plus finement répartis dans les différents services

Des responsables opérationnels plus écoutés et ouverts aux techniques

Un poids accru de l'administratif et du juridique

Des décideurs politiques pressés par le temps, l'opinion publique et les médias

##### Les missions des ingénieurs du Ministère

Des fonctions plus abstraites, dont l'exercice nourrit moins naturellement les compétences nécessaires

La définition des systèmes suppose une contribution fine des ingénieurs

La conduite des projets s'éloigne de la réalisation directe

Cette conduite passe par des relations plus complexes, avec des partenaires plus nombreux, visant des enjeux multiples

Cette complexité se retrouve dans le soutien et le contrôle des exportations

Les ingénieurs restent garants du fonctionnement des systèmes et de la préparation de l'avenir

##### La participation des ingénieurs à la défense dans les autres administrations, l'industrie et la recherche

Dans les autres administrations nationales : un enjeu de rationalisation des moyens

Une participation essentielle aux organismes internationaux spécialisés

Une spécificité de la défense moins évidente dans l'industrie et la recherche



## **Quels ingénieurs pour assurer cette contribution?**

### **Observations générales**

Pas de profil unique, mais une certaine polyvalence commune à tous

Un élargissement indispensable des compétences à acquérir

### **Cas des ingénieurs de l'État et plus particulièrement du ministère de la Défense**

Cultiver la technique sans s'y enfermer

Trouver un équilibre entre mobilité et stabilité

Assurer un engagement à long terme d'ingénieurs au service d'un État stratège

Restaurer l'attractivité

### **Un regard international**

Des statuts variés, civils ou militaires

Une répartition diversifiée de la fonction armement entre armées, services du ministère ou agences extérieures

Une proximité variable avec les responsables opérationnels

Un recours aux formations dans le domaine civil et des pratiques de mobilité assez répandus

Un besoin souvent ressenti d'améliorer l'attractivité

## **Premières propositions**

### **Les personnes et les organisations**

En préalable, une image de l'ingénieur ambitieuse et qui sonne juste : bâtisseur du monde

Des formations tout au long de la vie plus poussées et diversifiées

Des ingénieurs et des officiers des armes plus proches pour des responsabilités complémentaires

Une gestion réaffirmée de ses ingénieurs par le ministère de la Défense

### **Les outils et les modes d'action**

Un centre d'intelligence de défense

De nouvelles formes de partage d'information entre ministères

Une exploration des imaginaires pour mieux anticiper les ruptures

## **Annexes**

Composition du groupe de travail

Personnes ayant apporté leur témoignage



## SYNTHESE

Aujourd'hui, dans le domaine de la défense, un avantage technologique apparaît souvent source de supériorité quasi absolue dans un affrontement direct, tandis que les systèmes mis en œuvre sont de plus en plus globaux, complexes, issus en grande partie de l'industrie civile.

Dans ce contexte, il ressort une difficulté majeure : l'État, de moins en moins prédominant parmi des acteurs variés, notamment des entreprises mondialisées, confronté à la pression croissante de l'opinion publique, a d'autant plus besoin de compétences de pointe pour exercer sa responsabilité de défense et entretenir une vision à long terme. Il lui faut des ingénieurs de confiance qui aient également une connaissance des problématiques militaires, des sciences humaines, des questions sociales et internationales, tout en sachant mieux communiquer en dehors de leur cercle de spécialité. Mais d'une part les fonctions exercées au sein du ministère de la Défense ne suffisent plus à entretenir les aptitudes techniques nécessaires, d'autre part l'évolution culturelle et l'alourdissement des procédures administratives de contrôle rendent le service public moins attrayant que les entreprises pour des jeunes qui de plus manifestent une relative désaffection pour les formations scientifiques.

Pour répondre à ce défi, à la fois restaurer l'attractivité nécessaire et permettre à l'État d'exercer efficacement sa mission régaliennne dans cet environnement nouveau, il est proposé plusieurs orientations complémentaires :

Affirmer et promouvoir la mission première des ingénieurs dans le domaine de la défense comme dans l'ensemble de la société : préparer l'avenir, c'est-à-dire bâtir un monde qui se construit en permanence.

Maintenir un lien institutionnel fort entre le ministère de la Défense et des ingénieurs ayant choisi de se consacrer aux fonctions de plus en plus conjointes de défense et de sécurité, avec un double objectif : procurer à ces collaborateurs tout au long de leur vie professionnelle, davantage qu'aujourd'hui, des parcours diversifiés et des formations élargies qui leur sont indispensables ; assurer une présence de l'État dans tous les lieux de concertation et de pouvoir.

Doter le Ministère d'un outil, un centre d'intelligence de défense, qui fournisse à ses ingénieurs un ensemble cohérent de services pour utiliser au mieux, avec une sécurité appropriée, les informations de plus en plus nombreuses qui circulent dans notre monde numérique : accès à des bases de données, connaissance des compétences disponibles dans l'industrie et la recherche, travaux de documentation ciblés... Cet outil dédié à un traitement objectif des connaissances devrait être complété par un point d'entrée vers l'imaginaire, une entité destinée à améliorer la créativité, en particulier pour mieux anticiper les ruptures comme l'avait suggéré un précédent rapport.



## INTRODUCTION

Dès l'origine, les armées étaient composées d'hommes et de matériels. En dehors des combattants et des équipes qui assuraient leur soutien au cours de la manœuvre, il fallait des spécialistes pour concevoir, fabriquer, entretenir les armes et les équipements indispensables, dont dépendait pour une grande part l'efficacité de l'ensemble. Ces spécialistes ont été d'abord des artisans, mais aussi des ingénieurs, dont le rôle a considérablement évolué au cours de l'Histoire en raison de trois grandes tendances.

D'une part, si à certaines époques la clef de la victoire résidait avant tout dans le nombre, la force ou le courage des guerriers, ou encore dans l'ingéniosité tactique de certains chefs, les exemples abondent de situations où un avantage technologique est apparu source de supériorité quasi absolue dans un affrontement direct, comme c'est le cas aujourd'hui pour l'arme nucléaire, les armements tirés à distance de sécurité, les capacités spatiales d'observation et de transmission...

D'autre part, alors que dans le passé les équipements les plus décisifs étaient issus d'un savoir-faire spécifiquement militaire, la défense repose aujourd'hui sur beaucoup de technologies partagées avec le domaine civil, qu'il s'agisse de moyens de transport, de calcul, d'observation ou de communication.

Enfin, les systèmes mis en œuvre sont de plus en plus globaux et complexes ; ce qui transforme les aptitudes et les connaissances nécessaires à la fois pour les concevoir, les spécifier, les développer, les produire et les utiliser.

Compte tenu de l'ampleur de cette évolution, il est indispensable que l'État la prenne en compte pour assurer le plus efficacement possible sa fonction de défense. C'est pourquoi le Conseil général de l'armement et les Ingénieurs et Scientifiques de France ont conduit une étude conjointe sur le rôle des ingénieurs dans le domaine de la défense en France, et plus généralement de la sécurité.

Le groupe chargé de mener cette réflexion était constitué d'une douzaine de membres, principalement des ingénieurs mais aussi des spécialistes des sciences humaines, rassemblant des expériences variées au sein de différents services de l'État, notamment les Forces armées et la Direction générale de l'armement, ainsi que dans l'industrie, mais aussi dans des domaines tels que la formation, l'histoire et la sociologie. Ces compétences ont été enrichies de témoignages recueillis au cours d'une dizaine de séances de travail.

L'étude a d'abord porté sur le contexte actuel et ses évolutions les plus probables: le rôle de l'État et sa mission de défense, plus généralement de sécurité ; la place de l'ingénieur dans la société. L'analyse s'est ensuite concentrée sur deux points : quelle contribution des ingénieurs à la défense et quelle place dans les organisations qui en sont chargées? Quels profils et quelles trajectoires pour les ingénieurs concernés? En conclusion, il est présenté différentes propositions.



Anticipant sur les caractérisations qui seront présentées, on peut dès maintenant observer que ce travail constitue une œuvre d'ingénieur plutôt que de chercheur: l'objectif n'était pas d'exposer des analyses exhaustives, mais de faire ressortir quelques traits saillants pour en déduire des conclusions aussi concrètes que possible.





## L'ÉVOLUTION DU CONTEXTE

### La fonction de défense de l'Etat

Plusieurs grandes tendances, constatées au cours des dernières années et qui devraient se poursuivre, paraissent de nature à modifier les compétences, les moyens et l'organisation les plus appropriés pour permettre à un État comme la France d'assurer sa mission de défense. Elles concernent en particulier la relation entre défense et sécurité, la place de l'État vis-à-vis d'autres organisations, le cyberspace, et les échelles de temps.

#### La distinction entre défense et sécurité s'estompe

Traditionnellement, la défense vise à assurer la sécurité des citoyens face à des menaces collectives, issues d'organisations structurées et malveillantes, venues de l'extérieur de la Cité : typiquement, les armées de pays hostiles. Historiquement, les affrontements correspondants commençaient souvent par se dérouler en zone inhabitée, avant que les vainqueurs ne prissent possession des villes.

Cette fonction de l'État se distingue de deux autres missions exercées directement sur les lieux de vie : la sécurité civile, face aux cataclysmes d'origine naturelle ou humaine, et la police, contre les individus malveillants.

Ces différences ont naturellement conduit les services concernés à mettre en œuvre des approches et des outils spécifiques. La sécurité civile s'attache à secourir alors que la défense et la police doivent neutraliser un tiers. Mais la cible de la défense est généralement bien identifiée, le recours à la force va de soi et il est essentiel de disposer d'armements puissants, ce qui suppose un budget d'équipement important. Pour la police, il n'y a pas d'ennemi au départ, les principes juridiques et le souci de préserver le voisinage ont développé une culture de la retenue dans l'usage de la force. Corrélativement, les ressources financières sont surtout consacrées au personnel et au fonctionnement courant. Pour le chef d'une armée disciplinée, l'aspect matériel est prédominant en dehors du moral de ses troupes et de la psychologie du général adverse, alors que le policier accorde surtout son attention à l'ensemble des comportements individuels dans l'environnement humain et juridique qui est le sien.

Cependant, ces différences semblent s'estomper pour plusieurs raisons. La multiplication des combats dans des environnements urbanisés, la montée des considérations humanitaires, la distinction devenue moins évidente entre situations de paix et de guerre font croître le souci de réduire les pertes humaines au cours des opérations militaires. Le développement des techniques donne à des individus de plus en plus divers la puissance d'action de troupes entières du passé, de sorte que leur psychologie individuelle devient un facteur important. Les citoyens sont davantage dépendants du confort d'une société dont le bon fonctionnement est un enjeu d'importance croissante.



Cette évolution, illustrée par l'extension au domaine de la sécurité des Livres blancs sur la défense, tend à rapprocher les moyens nécessaires pour assurer ces différentes missions, donc le rôle des ingénieurs chargés de les mettre à disposition, même si des différences évidentes subsistent. Si les sous-marins, les avions de combat, les armes de la dissuasion restent propres à la défense, des systèmes de communication et surveillance locale, certains drones, des armes non létales peuvent être largement partagés. Plus généralement, la fonction de défense nécessite la maîtrise d'une part de plus en plus grande de l'ensemble des technologies disponibles dans le monde.

### L'État apparaît moins prédominant parmi l'ensemble des acteurs

Il y a longtemps que la France n'est plus la nation la plus peuplée et puissante du monde occidental. Cependant, il y a encore quelques dizaines d'années, les services de l'État disposaient en toute indépendance des connaissances technologiques nécessaires pour se doter d'armements qui se situaient dans le peloton de tête au plan mondial<sup>1</sup>. Ces systèmes étaient en grande partie réalisés dans des arsenaux publics et, dans un secteur tel que l'aéronautique, les représentants du ministère de la Défense possédaient les compétences suffisantes pour conduire les principaux choix de conception. La force de dissuasion nucléaire en est l'illustration.

Or de nos jours, une grande partie de la production et des compétences intellectuelles, scientifiques et culturelles a été transférée vers de grandes entreprises qui ont des intérêts et des stratégies propres, auxquels elles adaptent naturellement leurs investissements. En particulier, la part civile du chiffre d'affaires des principaux fournisseurs d'armements est souvent devenue prépondérante ; ce qui ne peut manquer d'influencer leurs choix. De plus, pour des raisons d'effectifs et de moyens budgétaires, le ministère de la Défense ne joue plus le rôle de moteur de la préparation de l'avenir auprès des petites et moyennes entreprises comme il le faisait à l'époque de la Direction des recherches, études et techniques.

Parallèlement, les mécanismes du marché ont fait naître des géants économiques. Il est courant d'observer que le chiffre d'affaires d'une multinationale telle que Samsung dépasse le budget global de pays comme la Suède ou le Mexique. Des entreprises comme les GAFA (Google, Amazon, Facebook, Apple) sont capables de peser sur la conduite de certains États, y compris les États-Unis.

Inversement, le coût croissant des systèmes d'armes<sup>2</sup> rend plus sensibles les contraintes financières des États, même si celles-ci ne sont pas nouvelles. Par ailleurs, la spécialisation technologique et le recours à des

---

1

Comme le rappelle Dominique Mongin, dans *Genèse de l'armement nucléaire français*, « Les travaux des atomiciens français ont été précurseurs dans le domaine des applications militaires de l'énergie atomique. En mai 1939, l'équipe dirigée par Frédéric Joliot dépose trois brevets secrets, dont un concernant le principe même de l'arme atomique ». Ainsi, lorsqu'après la seconde guerre mondiale, la France dut rattraper son retard technologique dans ce domaine, disposait-elle des savoirs nécessaires jusqu'au moment où le tout jeune ingénieur de l'armement Michel Carayol acheva, avec une nouvelle géométrie du « détonateur », d'ouvrir la voie vers le premier essai réussi d'une bombe H, en 1968.

2 Une « loi d'Augustine » en rend compte de façon frappante : « Si les méthodes du Pentagone et l'évolution des coûts ne changent pas, le budget du Pentagone autour de 2050 servira à acheter un seul avion tactique. Celui-ci sera confié trois jours par semaine à l'US Air Force, trois jours à la Navy et le septième au Marine Corps. »



composants de plus en plus variés augmentent le risque de dépendance en matière de production. Or la culture du marché et la culture sécuritaire relèvent de priorités différentes.

Ce risque de dépendance peut être aggravé par la politique de puissance de pays même alliés comme les États-Unis qui, eux poursuivent de façon coordonnée leurs intérêts économiques et de sécurité : comme l'observait Winston Churchill, il n'y a pas d'amis en matière de relations internationales. Inversement, on peut considérer que l'Europe n'a pas atteint aujourd'hui un stade qui lui permette d'assurer son autonomie ou celle de ses membres. De plus, dans notre société complexe, il faut s'attendre à ce que certaines vulnérabilités soient soudain révélées par des actions malveillantes de différents acteurs<sup>3</sup>.

A l'autre extrémité de l'échelle des connaissances, de plus en plus d'acteurs, étatiques ou non, ont accès à des technologies dites nivelantes qui permettent de réaliser à bas coût des armes suffisamment efficaces pour inquiéter les armées classiques, à l'exemple des dispositifs explosifs improvisés qui constituent une des principales menaces dans les opérations de maintien de la paix.

Toutes ces circonstances rendent crucial le maintien d'une capacité de vision à long terme et de prospective, d'appréciation technologique et d'intelligence économique indépendantes sur laquelle l'État français puisse s'appuyer pour exercer sa fonction de défense.

### **Informatisation et information transforment les sociétés et les formes d'affrontements**

En dehors de la nouvelle révolution industrielle dont les effets sur ses fournisseurs doivent être anticipés, la révolution numérique entraîne au moins trois défis nouveaux pour la Défense.

D'une part, l'accès généralisé à l'information et les pratiques qui en découlent transforment les conditions de la bataille de l'opinion qui de tout temps a accompagné les opérations militaires et qui a pris une importance accrue dans les démocraties dont les dirigeants sont naturellement plus dépendants de l'avis des citoyens que dans les régimes autoritaires<sup>4</sup>. En outre, ce combat médiatique est rendu encore plus difficile par la prolifération des organisations dites non gouvernementales, même si beaucoup sont pilotées par des États ou des entreprises. En conséquence, alors qu'il y a un siècle, l'État pouvait se contenter de quelques actions de censure et de propagande, il est aujourd'hui indispensable de mener un travail permanent de tri des informations qui abondent sur les réseaux, de construire des explications adaptées à un public de plus en plus divers, informé et éduqué. On peut citer à titre d'exemple les débats menés autour de technologies contestées, comme les systèmes d'armes létaux autonomes, dont le développement et l'emploi suscitent de nombreuses réflexions.

---

<sup>3</sup> On peut en voir une illustration dans le virus Stuxnet, conçu pour infiltrer les systèmes de contrôle et d'acquisition de données afin de perturber des processus industriels, qui aurait été utilisé pour affecter les vitesses de rotation des centrifugeuses de la centrale nucléaire iranienne de Bouchehr.

<sup>4</sup> Dans « Le temps du monde fini a déjà commencé... », Thierry Gaudin s'interroge sur la nouvelle essence de la technique et en arrive à la définir comme "la persuasion" : « elle n'est plus, comme l'était le « ge-stell », une mobilisation des corps, mais un pilotage des désirs, une capture de l'attention, une prise d'influence sur le mental ».



D'autre part, il apparaît de nouvelles vulnérabilités, des cibles à défendre. Les données de toute nature qui sont conservées dans des lieux spécialisés ou des réseaux diffus, constituent un enjeu capital. Les circuits de contrôle et de régulation gouvernent la bonne marche de systèmes plus ou moins localisés dont nos sociétés sont de plus en plus dépendantes : usines, hôpitaux, transports, approvisionnement en énergie...

Enfin, le cyberspace a modifié l'équilibre des forces : des individus intelligents et peu scrupuleux, des équipes de pirates peuvent attaquer les réseaux des États les plus avancés dont les chars, les avions ou les sous-marins seraient pour eux hors d'atteinte.

En France, la nécessité de développer des moyens de lutte informatique a été notamment affirmée dans le Livre blanc de 2008 sur la défense et la sécurité. L'effort est certainement à poursuivre.

Concernant les mutations de l'industrie, si le rôle croissant de la simulation et du prototype virtuel a été bien pris en compte notamment pour diminuer le coût des essais, la flexibilité apportée par le recours accru au numérique peut apporter un véritable bouleversement. Alors que l'intérêt des capteurs intégrés pour la maintenance et la gestion de flotte est largement reconnu, des techniques comme la fabrication additive pourraient avoir un effet plus important encore à long terme. Si par exemple l'atelier d'un porte-avion est équipé de capacité d'impression 3D, des enjeux de compatibilité des matériaux de base des équipements remplaceront les enjeux de stockage des pièces de rechange. Autre exemple : l'échelon logistique de troupes déployées au sol pourrait avoir la capacité d'imprimer les drones et les robots nécessaires en fonction des opérations.

### **La gestion des différentes temporalités devient plus ardue**

Le rythme des événements qui tend à s'accélérer devient plus difficile à concilier avec la durée nécessaire de certains processus.

Ainsi, l'importance de l'opinion a été soulignée. Par exemple le sentiment d'insécurité provoqué par des actions terroristes provoque des mouvements d'émotion dont les conséquences peuvent être durables, comme l'illustre le retrait de l'Espagne de la guerre d'Irak consécutif aux attentats de 2004. De telles situations imposent une réaction immédiate alors que l'élaboration d'une parade pleinement appropriée nécessite certainement des analyses et des mesures d'organisation complexes. Quant aux mesures de prévention, de nature politique, sociale ou culturelle, elles relèvent du long, voire du très long terme.

Inversement, la conception, la réalisation ou le maintien de grands systèmes d'armes, souvent allongés pour des raisons budgétaires, supposent des efforts et des dépenses qui sont de plus en plus mal comprises dans des périodes où la perception de la menace s'éloigne et où la situation économique devient la principale préoccupation des citoyens, comme ce fut sans doute le cas en France autour de 2010.



L'utilisation pendant plusieurs dizaines d'années d'un même modèle d'avion, de bateau ou de véhicule terrestre armé pose des difficultés croissantes d'adaptation à l'évolution du monde. En particulier, l'ingénieur de la défense se trouve de plus en plus souvent confronté à deux problèmes complémentaires : recombinaison rapidement des matériels lorsque les situations tactiques ont changé : ce sont les urgences opérationnelles ; entretenir les performances de systèmes dont les composants de base ne sont plus produits dans l'industrie et sont techniquement dépassés.

Dans la pratique, il est probablement difficile pour une même équipe de fonctionner simultanément à des rythmes différents ; de sorte qu'un organisme complexe tel que l'État ou une grande entreprise se doit de faire coopérer des services axés principalement sur des échéances à court et long termes. Cette préoccupation peut être illustrée par la comparaison entre les administrations de la Défense et de l'Intérieur : la première accorde une place importante à l'anticipation, incluant la recherche et l'innovation, alors que la seconde vit surtout dans l'urgence. Cette coexistence de cultures différentes peut être considérée comme un atout pour l'État alors même que les domaines de la défense et de la sécurité tendent à se rapprocher, ainsi qu'il a été observé plus haut.

## La place de l'ingénieur dans la société

En France, on peut considérer que le terme d'ingénieur recouvre une catégorie professionnelle large, mais dont la définition est restée assez nette et stable depuis le début du XIX<sup>ème</sup> siècle<sup>5</sup>. Il est vrai que l'image et la place des ingénieurs dans la société ont sensiblement évolué en même temps que celle-ci se transformait sous l'effet notamment des progrès scientifiques et technologiques. Cependant, leurs caractéristiques propres leur donnent toujours vocation à remplir une fonction importante et utile de nos jours et dans les prochaines années<sup>6</sup>.

### L'ingénieur a une identité historique forte

En France, un ingénieur est défini à la fois par un diplôme<sup>7</sup> et par une fonction<sup>8</sup>. Le premier sanctionne principalement des compétences scientifiques et techniques générales et étendues, éventuellement

5 Au XVIII<sup>ème</sup> siècle, la notion d'ingénieur renvoyait à celle des corps techniques de l'État. C'est avec la création de l'École centrale des arts et manufactures, en 1829, qu'apparaissent en France les ingénieurs civils qui existaient déjà depuis longtemps outre-Manche. Les ingénieurs demeuraient cependant des généralistes. « Avec la seconde vague d'industrialisation la demande et l'offre vont considérablement se diversifier » (Daniel Gourisse). Et Bertrand Collomb résume : « La démarche qui a conduit au paysage actuel est donc simple : chaque fois qu'est apparu un besoin lié au développement des sciences et techniques, une école spécialisée a été créée, soit à l'initiative de l'État, pour la formation de ses cadres propres, puis aussi de ceux du secteur privé, soit par une initiative privée. » On peut toutefois souligner que c'est une loi du 10 juillet 1934 qui institue la Commission des titres d'ingénieurs avant laquelle différentes légitimités coexistaient.

6 Si, comme le pense [Herbert] Simon, le propre de l'ingénieur n'est pas de trouver la meilleure solution, ni d'appliquer le plus exactement possible les données des sciences d'analyse (même s'il doit être capable de le faire), mais bien d'œuvrer dans un espace conceptuel qui peut et doit maintenant faire l'objet d'une science autonome, de nouvelles perspectives s'ouvrent peut-être bien à l'histoire du mot : ingénieur. (Hélène Vérin, « Le mot : ingénieur »).

7 A l'issue d'un processus initié sur leur demande, il peut être délivré une accréditation aux écoles, c'est-à-dire « le droit, pour un certain nombre d'années, de recruter des élèves ingénieurs en vue de leur délivrer un titre d'ingénieur diplômé identifié ». Pour les écoles publiques, cette accréditation est accordée par l'autorité administrative compétente



complétées par la connaissance fine d'un domaine précis. La seconde consiste (selon le dictionnaire) à conduire des travaux utilisant des connaissances scientifiques et techniques pour aboutir à des résultats pratiques. On peut dire que l'ingénieur dirige des processus qui allient innovation et réalisation concrète : il s'agit d'inventer, de concevoir, de modéliser et de fabriquer.

Dans le cadre de la présente étude, deux points méritent en outre d'être soulignés.

A partir du XIII<sup>ème</sup> siècle, le terme d'ingénieur (d'abord : *ingeniator*) désignait principalement des ingénieurs militaires, spécialistes des engins de guerre et des fortifications, dont Vauban est la figure emblématique. Ce n'est que plus tard que d'autres catégories ont été identifiées, en commençant par les architectes, les ingénieurs civils pour les travaux publics, les ingénieurs de la marine. Cette relation particulière de l'ingénieur à la défense peut s'expliquer en considérant que la guerre a été la première motivation de la course à l'innovation technologique, parce qu'il y avait urgence à dominer l'adversaire par tous les moyens.

Par ailleurs, le métier d'ingénieur qui vise à construire une réalité nouvelle, à concrétiser des idées et des rêves, à dépasser ce qu'on croyait les limites du réalisable, ne peut se contenter des ressorts de la raison, de l'organisation, de la compétence et de la technologie. C'est fondamentalement un métier de passion qui donne une large place à l'imaginaire. Des figures de l'Histoire comme Léonard de Vinci ou Gustave Eiffel illustrent cet aspect que l'on retrouve tout au long du XX<sup>ème</sup> siècle et, par exemple, avec les créateurs de grandes entreprises contemporaines. On peut estimer que cette part de rêve, parallèlement aux réalisations architecturales et technologiques qui nous environnent, contribue à donner une image positive de l'ingénieur dans l'esprit du public.

### **L'ingénieur se transforme : moins responsable hiérarchique, plutôt concepteur ou entrepreneur**

A l'origine un grand chantier ou un établissement industriel, nécessitait des équipes nombreuses dirigées par un petit nombre d'ingénieurs. Peu à peu la complexité des techniques, le développement des machines ont conduit à une augmentation de la proportion d'ingénieurs : c'est devenu un métier de masse pour lequel la fonction d'architecte (vision transversale d'un sous-ensemble composé de plusieurs composants distincts et des interfaces entre ces composants) est devenue prépondérante. Des entreprises de haute technologie peuvent disposer d'un tiers d'ingénieurs ou davantage dans leurs effectifs. Rappelons que la France forme 30 000 ingénieurs chaque année<sup>9</sup> et compte de l'ordre d'un million d'ingénieurs diplômés tandis que la Chine revendique plus d'un million d'ingénieurs formés chaque année.

---

après avis de la Commission des titres d'ingénieur, tandis que pour les écoles privées cette dernière décide en premier et dernier ressort si leurs programmes et enseignements les qualifient pour délivrer des diplômes d'ingénieur.

<sup>8</sup> Dans « L'ingénieur et la société française », Dominique Barjot note que titre, fonction et métier sont les principaux éléments d'un statut qui ne convergent que dans l'idéal.

<sup>9</sup> Actuellement, les 204 écoles françaises accueillent plus de 150 000 élèves ingénieurs ; elles ont délivré près de 35 000 diplômes d'ingénieur en 2014.



Corrélativement, alors que les projets deviennent plus vastes de moins en moins d'ingénieurs peuvent prétendre incarner à eux seuls une réalisation précise. Tous les connaisseurs de l'aéronautique associent le nom d'Ader à l'Éole. Qui attribuerait sans hésiter un père à l'A380?

Parallèlement, la notion même de hiérarchie tend à se simplifier du fait des possibilités accrues offertes par les moyens d'information et de communication. Des spécialistes de l'organisation considèrent qu'un même responsable peut diriger sans difficulté une vingtaine de cadres au lieu de cinq ou six il y a quelques dizaines d'années. La messagerie électronique rend possible des relations directes entre les dirigeants et leur base ; ce qui affaiblit naturellement les niveaux intermédiaires, qui étaient la situation de la plupart des ingénieurs.

L'ingénieur reste caractérisé par son aptitude à inventer, à élaborer des combinaisons nouvelles de connaissances. Mais, avec les progrès de l'intelligence artificielle et les avancées dans les méthodes d'ingénierie rendant possible la mécanisation d'une partie des tâches qui lui étaient traditionnellement dévolues, des machines en sont venues à infiltrer ce sanctuaire.

Peut-être n'est-il pas indifférent de constater à cet égard un certain parallélisme entre l'évolution des ingénieurs et des officiers : ces derniers se retrouvent aussi en proportion croissante dans les armées modernes équipées d'armements toujours plus élaborés, tandis que les autorités supérieures, assistées d'outils d'aide à la décision, interviennent de plus en plus directement dans la conduite des opérations.

Pour revenir aux ingénieurs, il n'est pas étonnant que de jeunes diplômés en proportion croissante se voient d'abord comme des entrepreneurs, désireux d'expérimenter leurs propres idées au contact direct du marché, d'animer de petites équipes qu'ils auront rassemblées, de vivre une aventure qui associe un aspect technologique et une dimension humaine. D'autant plus que la révolution numérique sans cesse citée et des techniques nouvelles telles que l'impression 3D apportent des possibilités de créer des entreprises ouvertes sur le monde sans nécessiter de capitaux importants comme c'était le cas pour les industries ou les grandes infrastructures nées au XIX<sup>ème</sup> siècle.

### **L'ingénieur se distingue davantage du scientifique**

Au XIX<sup>ème</sup> siècle, de grands ingénieurs dont beaucoup avaient été formés à l'École polytechnique se voyaient comme des savants. Par leurs travaux, ils visaient autant à faire progresser les sciences et à diffuser des connaissances nouvelles qu'à mener à bien les réalisations qui leur étaient confiées, et ils recherchaient volontiers les récompenses académiques. Jean-Victor Poncelet, officier du génie et mathématicien illustre, en est un bon exemple.

Mais peu à peu l'extension considérable des savoirs a provoqué une césure. L'ingénieur ne pouvait plus maîtriser aussi intimement l'ensemble des connaissances de base qu'il appliquait, tandis que le chercheur se concentrait pour faire progresser le front de la science sur une zone trop restreinte pour permettre à elle seule des applications pratiques. La création d'une académie des technologies séparée de l'académie des sciences montre que cette distinction a bien été reconnue.



Il est probable que cette spécialisation a contribué à mettre en évidence des caractères différents chez le chercheur et l'ingénieur<sup>10</sup> : le premier plus individualiste et indépendant, d'autant plus qu'il se consacre à la théorie et au long terme, le second à la fois plus modeste parce que ses productions sont immédiatement soumises à la sanction de l'expérience et davantage soucieux de collaboration parce que celle-ci est indispensable à la bonne fin de ses travaux.

En raison de cette modestie, l'ingénieur hésite naturellement à s'exprimer publiquement parce qu'il est conscient des lacunes dans ses connaissances et des incertitudes que comportent les choix qu'il a dû effectuer. Alors que les spécialistes académiques sont plus à l'aise pour s'appuyer sur un champ de compétences qu'ils ont librement défini. Dans notre société de communication, cette retenue de l'ingénieur ne peut que provoquer un certain effacement.

Or cet effacement pourrait bien être accru, paradoxalement, par le succès même des technologies que notre société doit aux ingénieurs, pour deux raisons. D'une part, tous les objets familiers qui nous servent ont perdu apparemment de leur mystère, surtout pour les plus jeunes qui les ont connus depuis l'enfance. On peut penser que l'envol d'une sonde vers la planète Mars provoque aujourd'hui moins d'enthousiasme que les premiers trains à vapeur. D'autre part, le sociologue Michel Crozier remarquait dans son livre "La société bloquée" que le pouvoir allait à ceux qui maîtrisent l'incertitude des processus auxquels nous sommes soumis. Or les progrès des méthodes de calcul et de simulation ont réduit les incertitudes techniques. Le risque qu'un avion prototype s'écrase à son premier vol ou qu'un pont s'écroule le jour de son inauguration apparaît aujourd'hui très faible. Selon la loi qui vient d'être évoquée, le pouvoir reconnu aux ingénieurs tendrait à se déplacer au profit des administrateurs ou des spécialistes commerciaux dont dépendront les résultats d'exploitation. Cette évolution pourrait se vérifier en examinant l'évolution de la proportion d'ingénieurs dans les cercles du pouvoir par comparaison avec les anciens élèves de l'École Nationale d'Administration ou des Hautes Études Commerciales.

Bien entendu, les mécanismes généraux qui viennent d'être décrits ne sont pas les seuls. Il s'y superpose en particulier des éléments conjoncturels. Ainsi des historiens ont-ils observé que la vision de la société française sur ses ingénieurs était devenue plus critique après la défaite de 1871 dont ils étaient jugés partiellement responsables, et s'était restaurée après la victoire de 1918, à laquelle les moyens techniques avaient à l'évidence contribué.

### **L'ingénieur a des qualités spécifiques indispensables aux sociétés modernes, mais doit les enrichir**

10 Dans « Science et société », Pierre Thuillier s'appuie sur les distinctions introduites par Terry Shinn concernant les types d'enseignement scientifiques et les styles épistémiques associés. Si sa typologie différencie chercheurs et ingénieurs, ces derniers ne sont pas considérés comme un ensemble homogène. Dans les grandes écoles (en particulier X, Mines, Centrale), la formation serait à dominante déductive, à partir de quelques savoirs considérés comme certains, les « petites grandes écoles » privilégieraient l'approche inductive qui capitalise sur l'expérience, les grandes écoles de sciences appliquées favoriseraient une approche mixte (qualifiée de rétroductive) combinant axiomes et données empiriques spécifiques, tandis que les Facultés des sciences adopteraient plus volontiers une démarche en rhizome, partant de l'enchevêtrement de réseaux de facteurs.



Les ingénieurs paraissent bien placés pour jouer un rôle utile à de nombreux égards.

En premier lieu, leur culture polyvalente et leur capacité à analyser les systèmes, à modéliser pour construire un raisonnement rationnel, les rendent particulièrement aptes à appréhender les mécanismes et les relations de plus en plus complexes qui régissent le fonctionnement d'un monde dont l'évolution semble parfois nous échapper, comme si l'homme, tel un apprenti sorcier, perdait le contrôle de sa création<sup>11</sup>. D'autant plus que de nombreuses évolutions sociales résultent au moins en partie de facteurs technologiques que les ingénieurs sont bien placés pour comprendre. Les soubresauts économiques, les inquiétudes pour l'environnement, les difficultés de vie dans certaines zones illustrent cette situation où les compétences des ingénieurs doivent leur permettre d'identifier les problèmes, d'avertir, de proposer des réponses.

En outre, au-delà de l'analyse, les ingénieurs sont naturellement orientés vers la recherche méthodique de solutions, pas nécessairement parfaites mais rationnelles et si possible optimisées<sup>12</sup>. C'est ce trait qui explique leur réussite en dehors de domaines purement techniques, par exemple au ministère des Finances où ils se retrouvent en grand nombre. Une autre observation est qu'ils se distinguent ainsi des juristes, par formation plus sensibles aux risques que tournés vers l'élaboration d'actions.

De plus, dans le contexte de spécialisation croissante qui est une réponse à la complexité qui vient d'être évoquée, la polyvalence des ingénieurs les aide à exercer efficacement certaines fonctions d'intermédiaires indispensables pour assurer la cohérence d'ensemble. Il leur revient ainsi d'être les interlocuteurs des scientifiques, pour leur poser des questions, comprendre leurs découvertes et les rassembler pour en tirer des applications pratiques. La collaboration s'effectue d'ailleurs dans les deux sens, car la technique fournit des moyens d'expérimentation nouveaux à la science qui peut la stimuler par ses demandes particulières. D'autres complémentarités peuvent être soulignées. La nécessité du dialogue technico-commercial est largement admise. La coopération entre l'ingénieur qui élabore des solutions logiques et le politique qui les intègre dans le jeu des différents acteurs et les apprécie à la lumière de leurs préoccupations mériterait certainement d'être développée.

Un point particulier concerne la connaissance à partir de données, qui devrait devenir un secteur majeur de la future économie. C'est un véritable métier à développer. La question est encore de savoir qui pourra et devra y officier ? Un ingénieur informatique, un statisticien, un technicien... ? Dans tous les cas il est important de pouvoir contrôler et de savoir critiquer les résultats présentés, surtout si ceux-ci sont délivrés par une société extérieure dont l'indépendance pourrait être sujette à caution.

11 On peut mentionner par exemple le retrait de l'intelligence artificielle « Tay », 24 heures après sa mise en service par Microsoft. Supposée « apprendre au fil de ses échanges avec les internautes », il n'avait pas été anticipé qu'elle pourrait en venir à diffuser des tweets comme celui mentionné par l'article du Point du 25 mars 2016 : « Bush est responsable du 11 Septembre, et Hitler aurait fait un meilleur boulot que le singe que nous avons actuellement. Donald Trump est notre seul espoir. » (« Même un robot peut devenir raciste et antisémite », [http://www.lepoint.fr/high-tech-internet/meme-les-robots-peuvent-devenir-racistes-et-antisemites-25-03-2016-2027867\\_47.php](http://www.lepoint.fr/high-tech-internet/meme-les-robots-peuvent-devenir-racistes-et-antisemites-25-03-2016-2027867_47.php)).

12 Selon Fabrice Dambrine, l'ingénieur des grands corps techniques « aura acquis une capacité à proposer au décideur politique le meilleur compromis entre ce qui est techniquement possible, économiquement souhaitable et socialement acceptable ».



Plus subtilement, on peut estimer que les ingénieurs ont une responsabilité sociale collective. Il s'agit de fournir les outils appropriés pour que les machines de plus en plus autonomes répondent à la volonté de l'homme qui, dans nos démocraties, doit être la volonté éclairée du plus grand nombre. Par exemple, le choix d'instructions précises à donner pour la régulation des réseaux électriques ou l'exploitation des données météorologiques pour décider du lancement éventuel d'alertes nécessitent d'apporter aux décideurs une compréhension fine de nombreuses techniques. Un cas extrême pourrait être la programmation des ordinateurs chargés d'élaborer des ordres d'achats ou de ventes en bourse, susceptibles de refléter des décisions économiques et de provoquer des crises financières.

Inversement, l'esprit essentiellement logique des ingénieurs apparaît comme une limitation en l'absence de cadre clair, face à des situations confuses ou mal délimitées. Ils savent faire des compromis rationnels et globaux, mais peinent à s'adapter à un environnement psychologique et social complexe. On peut regretter le manque d'ingénieurs dans les échelons décisionnels de la France et peu d'entre eux décident de se lancer dans une carrière politique. Doit-on y retrouver un travers de la formation de l'ingénieur, entraîné à décortiquer un problème puis accompagné pas à pas vers la solution, alors que dans le jeu politique, il n'existe pas la solution, mais une solution ?

Quoiqu'il en soit, le rôle des ingénieurs paraît appelé à s'enrichir ; ce qui justifie l'évolution déjà amorcée dans le sens d'une formation plus variée, au-delà des sciences et des techniques traditionnelles.



## LA CONTRIBUTION DES INGENIEURS A LA DEFENSE

La fonction de base des ingénieurs est restée stable au cours des siècles : elle consiste, au sens large, à assurer la mise à disposition des utilisateurs des équipements dont ils ont besoin. En revanche, d'une part les relations et distinctions entre ingénieurs et utilisateurs, d'autre part les tâches à accomplir pour assurer cette fourniture dans les meilleures conditions tendent à évoluer significativement ; ce qui n'est pas sans conséquences sur les compétences nécessaires.

L'analyse qui suit portera principalement sur le Ministère, pour lequel on examinera les relations des ingénieurs (au sens strict : caractérisés par leur formation et la mission de base qui vient d'être rappelée) avec leurs différents interlocuteurs, puis les principales phases du processus de mise à disposition des équipements : définition du besoin ; réalisation, fourniture et soutien ; préparation de l'avenir.

On examinera ensuite sommairement les autres acteurs qui emploient des ingénieurs et contribuent à la défense : administrations nationales ou internationales, industrie et recherche.

### Les ingénieurs au ministère de la Défense

Au sein du Ministère, le principal interlocuteur de l'ingénieur pour conduire quotidiennement les grandes réalisations est naturellement le responsable opérationnel (officier d'état-major) qui exprime le besoin de l'utilisateur. Le décideur politique et différents spécialistes administratifs (budgétaire, juridique...) interviennent à des étapes clefs. L'évolution de ces différents acteurs rend l'environnement plus exigeant pour l'ingénieur, qui doit s'adapter pour tenir sa place. On peut dire que la mécanique budgétaire, la dynamique politique et la pression de l'opinion ne peuvent plus être négligées dans ses calculs.

#### Des ingénieurs de plus en plus finement répartis dans les différents services

Aujourd'hui, les ingénieurs et les fonctions examinés sont principalement rassemblés dans une structure, la DGA (direction générale de l'armement), mais cette correspondance n'est que partielle : de nombreux ingénieurs du Ministère travaillent hors de la DGA et celle-ci n'est pas composée que d'ingénieurs ; la responsabilité de la DGA dans les différentes tâches n'est jamais exclusive et varie suivant l'étape considérée.

On peut d'ailleurs observer une évolution dans le temps : Jusqu'en 1960, les ingénieurs étaient principalement affectés à des directions techniques rattachées aux différentes armées. La création par le général de Gaulle de la DMA (délégation ministérielle pour l'armement), devenue ensuite DGA, les a rassemblés dans un organisme séparé auquel l'ambition de la dissuasion et le souci du développement industriel ont conduit à attribuer une position relativement autonome au sein du Ministère. Quelques dizaines d'années plus tard, des ingénieurs sont appelés de plus en plus souvent à occuper des fonctions



dans des services détachés de la DGA (maintien en condition opérationnelle) ou relevant des états-majors, pour répondre à la volonté de plus en plus répandue de disposer d'équipes pluridisciplinaires.

### **Des responsables opérationnels plus écoutés et ouverts aux techniques**

Depuis la création de la DMA, il est intervenu plusieurs évolutions importantes de nature à modifier son rôle vis-à-vis des états-majors.

En premier lieu, une proportion croissante d'officiers des Forces a reçu une formation d'ingénieur et se sent naturellement capable de dialoguer avec les industriels, tandis que, comme il a été observé plus haut, ceux-ci sont de plus en plus généralement en charge de la maîtrise d'œuvre des grands équipements. Ce dialogue direct est d'autant plus facile que ces industriels sont plus concentrés et que des officiers, parfois de haut rang, se voient proposer des postes dans les grandes entreprises à l'issue de leur carrière militaire. Le recours à des intermédiaires paraît donc à beaucoup à la fois moins nécessaire et plus contraignant si ces intermédiaires ne font pas la preuve de leur valeur ajoutée.

En second lieu, alors que la guerre froide était surtout une compétition technologique caractérisée par la confrontation de systèmes trop destructeurs pour être utilisés et par la relative rareté d'opérations militaires de haute intensité, le monde est devenu plus instable et les interventions armées tendent à se multiplier. Tant les responsables politiques que l'opinion ne peuvent qu'être plus sensibles à l'importance de la mission des Forces et de l'ensemble des facteurs non techniques qu'elles doivent maîtriser, donc à porter une attention plus grande aux avis de leurs chefs.

Enfin, le développement des aspects interarmées donne de plus en plus de poids à la voix de l'état-major des armées au sein du Ministère, tout en limitant la portée de la vision transverse que peut apporter la DGA, en particulier lorsqu'une même famille de matériels intéresse des utilisateurs différents. L'exemple de l'hélicoptère NH 90 (Caïman) qui équipe l'Armée de terre et la Marine, ou encore celui de l'avion Rafale pour la Marine et l'Armée de l'air illustrent cette possibilité de coordination technique.

### **Un poids accru de l'administratif et du juridique**

Le renforcement des contraintes juridiques et du souci de précaution, qui touche l'ensemble de la société, est particulièrement marqué dans le domaine de défense. En effet, ce domaine a longtemps bénéficié d'une certaine exonération, laquelle tend aujourd'hui à se restreindre. La conséquence naturelle est une prudence (ou une aversion au risque) croissante.

Au plan de l'organisation et des compétences, les ingénieurs ont toujours eu besoin pour agir efficacement dans leur environnement d'acquérir une connaissance des contraintes administratives, au moins à partir d'un certain niveau d'autorité. En particulier, la conduite de projets coûteux nécessite une compréhension des mécanismes financiers, dont la part de calcul intéresse naturellement des scientifiques ; la participation à l'établissement de contrats avec des entreprises ou d'accords de coopération internationale impose de



posséder quelques notions juridiques. Mais il s'ajoute la transformation des missions des ingénieurs qui sera évoquée plus bas : le passage d'un métier de maîtrise d'œuvre à une fonction de maîtrise d'ouvrage nécessitant des contrats particulièrement élaborés dont l'exécution s'étale sur de nombreuses années. Corrélativement, la complexité croissante des procédures de fonctionnement, le contrôle grandissant exercé par le ministère des Finances sur les dépenses de l'État, la recherche de plus en plus fréquente des responsabilités à la suite d'incidents de toute nature expliquent une tendance à la spécialisation et au développement de services administratifs nouveaux.

A titre d'exemple, on peut citer la création d'un bureau des affaires juridiques devenu progressivement une sous-direction, puis une direction du Secrétariat général pour l'administration. Plus généralement, on peut considérer que des procédures de décision de plus en plus nombreuses ont été organisées autour d'un triptyque : opérationnel, ingénieur, administrateur.

Cette évolution correspondait certes à un affinement des compétences disponibles au sein du Ministère et à un renforcement de ses capacités de discussion avec les autres secteurs de l'administration. Elle a cependant modifié les conditions de travail des ingénieurs dans le sens d'une augmentation des efforts consacrés à expliquer et justifier leurs choix et leurs activités par rapport à la solution de problèmes purement techniques.

### **Des décideurs politiques pressés par le temps, l'opinion publique et les médias**

Il a été souligné plus haut différentes conséquences des progrès des systèmes d'information et de communication sur la vie des décideurs politiques : accélération des rythmes, pression croissante de l'opinion, participation à des décisions concernant des situations de plus en plus nombreuses. Les médias constituent un nouveau pouvoir avec lequel il faut composer.

Une illustration de la prééminence du court terme est le fait que des débats budgétaires, dans la pratique toujours préparés dans l'urgence à partir de l'été, viennent remettre en cause chaque année les ressources accordées par des lois de programmation, pourtant mieux adaptées aux calendriers des programmes d'armement.

En conséquence, les responsables politiques ressentent la nécessité lorsqu'ils réunissent leurs collaborateurs de conclure sans délai. C'est pourquoi, il est attendu des spécialistes consultés dans ces conditions la capacité de répondre sur le champ à toute question de leur ressort. Par ailleurs l'expression d'opinions contradictoires par différents participants peut apparaître comme une gêne ; d'où l'intérêt pour les opérationnels et les ingénieurs de se concerter régulièrement afin que leur entente en réunion facilite la prise de décisions en séance.

La première exigence ne correspond pas à l'atavisme des ingénieurs, qui les pousse à ne s'exprimer que sur les points dont ils sont sûrs. La seconde les incite à se rencontrer davantage avec leurs partenaires au sein du Ministère, en premier lieu les responsables opérationnels, afin d'harmoniser autant que possible les points



de vue avant d'être formellement consultés. Enfin, ils auraient certainement intérêt à s'informer davantage des débats publics, afin d'anticiper les réactions auxquelles leurs dirigeants seront sensibles, plutôt qu'à se contenter de rechercher des solutions aux demandes qu'ils reçoivent dans le cadre essentiellement technique qui leur paraîtrait logiquement le plus approprié.

## **Les missions des ingénieurs du Ministère**

### **Des fonctions plus abstraites, dont l'exercice nourrit moins naturellement les compétences nécessaires**

Cette constatation s'applique aux différents stades de l'intervention des ingénieurs, ainsi qu'à leurs relations avec des acteurs extérieurs.

En résumé, le rôle de maître d'ouvrage étatique suppose une certaine abstraction de l'objet des contrats. Comme de plus les essais ont été restreints au profit de la simulation, l'ingénieur du Ministère est de moins en moins en prise avec les enjeux techniques des programmes sur lesquels il intervient. Enfin, les contraintes budgétaires réduisent les possibilités de prise de risques et d'élargissement d'expérience par la conduite d'études amont. Toutes ces raisons limitent l'accès des ingénieurs aux informations qui nourrissent l'expertise (difficultés rencontrées, choix techniques).

### **La définition des systèmes suppose une contribution fine des ingénieurs**

Avec le souci d'une démarche rationnelle, les ingénieurs invitent les utilisateurs à exprimer des besoins à satisfaire, plutôt qu'à demander des solutions déjà identifiées. Inversement, les opérationnels attendent des ingénieurs une connaissance de l'évolution technique, des aspects historiques et des recherches en cours. Ce dialogue, dont l'importance ne fait que croître, mérite une grande attention et fait l'objet de règles régulièrement revues (cf : instruction générale relative au déroulement et à la conduite des opérations d'armement du 26 mars 2010).

En effet, il y a une vingtaine d'années, la plupart des besoins portaient sur des matériels dont la définition des performances et des capacités pouvait être exprimée simplement à des connaisseurs du domaine technique concerné, qu'il s'agisse d'avions, de bateaux ou de missiles. De plus en plus il s'agit de systèmes dont la caractérisation impose une modélisation ainsi qu'une compréhension fine par les ingénieurs de l'environnement et des modes d'emploi envisagés par les opérationnels. Le système Scorpion pour l'Armée de terre, qui vise à organiser l'ensemble du champ de bataille aéroterrestre, en est un bon exemple.

Il est aussi à noter que souvent, même si la dépendance à la technique est forte, il existe un besoin de robustesse et d'autonomie par rapport à celle-ci. La sécurité des usagers réside notamment dans leur capacité à se passer de la technique et il entre dans la culture militaire d'être capable de se débrouiller partout, même en environnement fortement dégradé.



Il convient enfin de souligner l'intérêt des travaux de simulation qui constituent un élément fédérateur entre les différents intervenants.

### **La conduite des projets s'éloigne de la réalisation directe**

Alors que dans les années qui ont suivi la deuxième guerre mondiale la plupart des armements navals et terrestres étaient réalisés dans des arsenaux d'État, ces activités ont été transférées à l'industrie, à l'exemple de l'aéronautique, de sorte que le Ministère n'assure plus directement que des activités de maintenance.

De plus, si à l'origine les principaux équipements (par exemple cellule, moteur et radar d'un avion de combat) étaient achetés directement à leurs fournisseurs, le souci de clarifier la responsabilité des interfaces a conduit les services du Ministère à commander de plus en plus des ensembles à des maîtres d'œuvre.

La tendance apparue plus récemment, et qui n'est pas propre à la défense, à acquérir des prestations, incluant l'entretien et la mise à niveau continue, plutôt que des matériels, ne pourra qu'éloigner encore ces services de la réalité qu'ils traitent. Parallèlement, ce passage d'une logique d'acquisition à une logique de possession pendant tout le cycle de vie impose une amélioration des capacités de réaction en temps réel du client, le Ministère.

Une information de retour d'expérience sur le comportement opérationnel des systèmes est donc de plus en plus indispensable.

### **Cette conduite passe par des relations plus complexes, avec des partenaires plus nombreux, visant des enjeux multiples**

Paradoxalement, l'ingénieur du Ministère se trouve souvent confronté à deux difficultés bien différentes. D'une part il n'est souvent qu'un client modeste de maîtres d'œuvre dont les dimensions ont été évoquées plus haut, pour lesquels le marché civil est largement prépondérant et qui sont soumis aux règles de sécurité fixées par d'autres États. D'autre part, l'évolution vers des programmes plus coûteux et plus espacés dans le temps rend plus probable une perte de compétence spécifique des fournisseurs qui n'auront pas été retenus, donc plus lourds de conséquence les choix à opérer.

Ces contraintes expliquent le recours de plus en plus systématique à des programmes en coopération nécessitant des discussions multiples entre acteurs qui poursuivent des intérêts différents : opérationnels soucieux de voir leurs besoins satisfaits, responsables nationaux d'acquisition attachés à la maîtrise des coûts et aux retombées en termes d'emplois, représentants d'agences ou d'entreprises multinationales qui sont aussi des citoyens...



Une autre fonction émergente est de veiller à l'équilibre des relations entre les grands groupes seuls capables d'assumer la responsabilité de réalisation de systèmes complets et les petites entreprises sous-traitantes dont la souplesse et les talents d'innovation contribuent au dynamisme et à la résilience du tissu industriel.

Toutes ces tâches sont compliquées par des règles juridiques de plus en plus élaborées, principalement nationales et européennes, pour lesquelles une exception de défense est de moins en moins largement reconnue. Heureusement, il reste naturel pour les ingénieurs du ministère de la Défense d'échanger avec les industriels dont l'offre est susceptible de répondre aux besoins, afin d'exprimer ceux-ci au mieux de l'intérêt général.

En conséquence, alors que dans le passé le poids du Ministère suffisait à faire de l'ingénieur qui le représentait, dont la compétence technique était reconnue, un interlocuteur écouté, ce dernier ne peut désormais espérer exercer une influence s'il ne déploie pas une puissance de réflexion, des talents de négociation et des connaissances du contexte particulièrement affinés.

### **Cette complexité se retrouve dans le soutien et le contrôle des exportations**

La France est depuis longtemps un important exportateur d'armements. Les motivations sont nombreuses : réduction des dépenses d'acquisition restant à notre charge, création d'emplois, compétitions stimulantes, établissement de liens forts avec les pays acheteurs. Les contraintes liées à sa dimension moyenne sont aussi un atout pour proposer des systèmes polyvalents ou à coût raisonnable, adaptés aux besoins de nombreux pays.

Plus souvent que par le passé, les États acheteurs traitent directement avec des groupements industriels, parfois multinationaux, plutôt qu'avec l'État français. Les ingénieurs du Ministère doivent donc jouer un rôle de conseil, d'appui et d'influence plutôt que d'autorité ou de négociation directe en relation avec les fournisseurs, les responsables politiques qui les soutiennent auprès de leurs homologues, les services chargés de l'acquisition dans les pays acheteurs. Leur expertise doit leur permettre d'apprécier les aléas techniques, les contraintes liées à la fabrication locale, les conséquences des transferts de technologie, les retombées sur la réalisation d'armements de même famille destinés aux Forces nationales.

Dans un registre voisin, la mondialisation des réseaux de production et la généralisation des technologies duales, d'applications civiles et militaires, nécessitent une connaissance large de l'environnement industriel, économique, géopolitique pour donner des avis techniques pertinents relatifs aux autorisations d'exportation et aux arrangements internationaux conclus dans ce domaine.

### **Les ingénieurs restent garants du fonctionnement des systèmes et de la préparation de l'avenir**

En définitive, les paragraphes qui précèdent ont tenté d'analyser les formes nouvelles de la mission de base des ingénieurs du Ministère, qui reste de décharger les combattants du souci de disposer dans les meilleures



conditions des équipements dont ils ont exprimé le besoin. Comme par le passé, cette fonction de soutien au sens large est assortie d'une responsabilité propre aux ingénieurs : veiller au maintien à disposition des capacités technologiques et industrielles nécessaires à la satisfaction des besoins futurs. La difficulté est que, de plus en plus, ils doivent exercer cette responsabilité de préparation de l'avenir sans en maîtriser tous les leviers.

En effet, concernant des technologies souvent duales, surtout aux stades les plus amont, il importe d'intégrer dans la préparation de l'avenir les objectifs d'autres acteurs, notamment des entreprises qui mettent légitimement en œuvre une stratégie de recherche dont les objectifs ne recouvrent que partiellement ceux du Ministère, à un horizon que les impératifs de rentabilité tendent à limiter. Le but est de partager le coût de financement des études tout en conservant le rôle incitatif du financement de la défense.

Dans ce contexte, il appartient aux ingénieurs du Ministère de commencer par conduire des travaux de prospective technologique à long terme, bien au-delà des échéances électorales de nature à susciter en priorité l'intérêt des responsables politiques, mais nécessaires pour tenter d'anticiper les ruptures à venir<sup>13</sup>. Ces ingénieurs doivent aussi identifier, parmi l'ensemble des domaines de recherche susceptibles de s'appliquer aux armements, ceux qui doivent particulièrement être soutenus parce qu'ils semblent peu concerner le marché civil et ceux qui doivent faire l'objet d'une veille attentive parce que leur intérêt commercial encourage de nombreux acteurs à y consacrer des efforts importants. La mondialisation évoquée à propos du contrôle des exportations impose ici aussi de mener une réflexion particulière sur la disponibilité à venir des ressources technologiques et industrielles, des compétences scientifiques, des matières premières et des composants de base.

Un effort sur ces différentes tâches paraît d'autant plus utile que les montants à consacrer en amont à la préparation des investissements futurs restent relativement faibles, alors qu'ils conditionnent largement la pertinence des investissements réalisés.

Ensuite, comme les recherches qui sont définies en conséquence sont généralement confiées à des laboratoires extérieurs, le Ministère doit entretenir une capacité particulière d'évaluation des études amont qui diffère nettement de l'évaluation des performances des systèmes en aval. Or tant l'objectif à atteindre que les métriques d'appréciation correspondantes peuvent se révéler très difficiles à définir.

En effet, lorsqu'il s'agit de porter une appréciation sur une question nécessitant des connaissances très avancées et, donc, rares, les personnes peuvent généralement être classées en deux catégories :

- celles qui ne connaissent rien au sujet, parmi lesquelles beaucoup seront impartiales ;

---

13

« On sait fort bien que rien ne se déroulera exactement comme prévu, mais l'anticipation n'aura pas été inutile. Elle balise le chemin, elle fédère les efforts, elle mobilise les énergies ». État stratège, Jacques Fournier.



- celles qui sont susceptibles de porter une appréciation argumentée, parmi lesquelles beaucoup auront un intérêt.

C'est donc un enjeu de pouvoir faire appel à une troisième catégorie : celle constituée de personnes qui ne sont pas des experts de la question débattue et qui sont capables de définir tant les critères permettant de trancher sur ladite question que les épreuves permettant de conclure sur le respect ou non de ces critères<sup>14</sup>.

## **La participation des ingénieurs à la défense dans les autres administrations, l'industrie et la recherche**

La question posée ici est : en quoi des ingénieurs doivent-ils remplir des fonctions nécessaires ou utiles à la défense dans d'autres organismes ?

### **Dans les autres administrations nationales : un enjeu de rationalisation des moyens**

De nombreuses administrations nationales contribuent de fait à la défense. En dehors du ministère de l'Intérieur qui a été évoqué plus haut on peut citer le Secrétariat général à la défense et à la sécurité nationale (SGDSN), les ministères en charge des affaires étrangères, de la recherche, de l'industrie, de l'économie...

L'analyse détaillée de ces contributions reviendrait à examiner l'organisation d'ensemble de l'État : elle dépasserait manifestement le cadre de la présente étude. On se limitera à trois observations.

D'une part, tous les services qui ont été mentionnés ont besoin d'ingénieurs pour maîtriser les aspects technologiques de leurs missions : certains de ces ingénieurs peuvent participer utilement à la liaison avec le ministère de la Défense à qui il appartient normalement d'assurer la cohérence de tous ces efforts, dont la convergence est d'autant plus souhaitable que son budget diminue régulièrement.

D'autre part, le rapprochement entre défense et sécurité conduit à s'interroger sur une extension du périmètre d'intervention de la DGA. D'un côté une mutualisation de moyens serait certainement source d'économies et d'enrichissement des pratiques. De l'autre, la faiblesse des financements consacrés par le ministère de l'Intérieur à ses investissements de même que la proximité médiatique et l'urgence plus fréquente de ses interventions risqueraient de se traduire par un traitement moins satisfaisant des besoins des armées.

---

14 Aujourd'hui, l'État se recentre largement sur des missions régaliennes de stratégie, de régulation, de contrôle et de maîtrise d'ouvrage, passant en quelque sorte de la logique du « faire » à celle du « faire faire », et signant, par là même, la fin de l'ère de « l'État producteur ». [Dès lors, certains n'ont pas hésité à promouvoir l'idée de hauts fonctionnaires généralistes,] qui feraient appel, en tant que de besoin, à des expertises extérieures. Cette approche reviendrait cependant à méconnaître le fait que, dans le même temps, l'État est de plus en plus confronté à des problématiques sans cesse plus complexes et présentant souvent un fort contenu scientifique et technique. « De quel type d'ingénieurs l'État a-t-il besoin de nos jours ? », Fabrice Dambrine.



Enfin, pour le maintien de la base industrielle et technologique de défense (BITD) , il serait certainement utile de renforcer la collaboration avec le ministère en charge de l'industrie et avec le Commissariat général à l'investissement (CGI).

### **Une participation essentielle aux organismes internationaux spécialisés**

Le développement des coopérations internationales dans un souci de mutualisation de moyens a conduit à déléguer partiellement certaines fonctions du ministère de la Défense évoquées plus haut à des organisations, agences ou bureaux de programme, notamment dans le cadre de l'Union européenne ou de l'Alliance Atlantique. La participation à ces fonctions déléguées est un enjeu dont l'importance paraît appelée à croître, même si un État comme la France garde aujourd'hui la volonté de conserver ses responsabilités essentielles en matière de défense. D'autres enceintes de concertation dont l'influence est moins directe mais importante, par exemple en matière de normalisation, ne doivent pas être négligées. Or les organisations concernées emploient naturellement des ingénieurs pour traiter les aspects techniques et industriels. Plusieurs idées peuvent être formulées à cet égard.

En premier lieu, les qualités propres des ingénieurs, leur aptitude à gérer rationnellement la complexité, leur volonté d'aboutir à des résultats pratiques, sont bien adaptées à ces missions. On peut même estimer qu'elles apportent à l'efficacité immédiate un complément particulièrement indispensable au savoir faire des juristes et des diplomates, davantage concentrés sur la qualité des discussions, les précédents qu'elles créent et leur insertion dans une politique d'ensemble.

En outre, la France est particulièrement bien placée pour fournir cette contribution en raison du bon niveau de ses ingénieurs et de leurs compétences techniques, difficilement accessibles aux représentants de pays qui n'ont pas une industrie de défense aussi développée. Il importe en revanche que nos ingénieurs fassent un effort pour s'ouvrir à la culture de leurs partenaires et surtout mieux maîtriser la langue anglaise.

Enfin, un défi pour les ingénieurs concernés est de concilier la loyauté envers l'organisme où ils sont placés et l'allégeance aux intérêts nationaux. Leur position statutaire constitue un critère important, qui reflète normalement les priorités fixées par les décideurs. Au-delà, il est certainement souhaitable que les représentants des différents coopérants se donnent des lignes de conduite comparables.

### **Une spécificité de la défense moins évidente dans l'industrie et la recherche**

Il a été noté plus haut que beaucoup de technologies utilisées par la défense étaient partagées avec le domaine civil (c'est particulièrement vrai aux stades les plus amont de la recherche) et qu'en matière de défense l'État se détachait moins des autres clients, notamment en se montrant de plus en plus attentif à l'optimisation des coûts. Il en résulte que les démarches civile et militaire tendent à se confondre dans



l'industrie et la recherche, qui en particulier ne les distinguent plus pour qualifier les fonctions des ingénieurs ou fixer les conditions de recrutement.

Or paradoxalement, du fait que les systèmes de défense sont de plus en plus généralement réalisés par les entreprises, les représentants de ces dernières sont plus souvent en contact direct avec les utilisateurs. Cette situation conduit à s'interroger sur les règles de sécurité ou de confidentialité applicables à ces coopérants occasionnels ou temporaires à la fonction de défense.

Enfin, cette évolution pose la question de la maîtrise nationale des compétences jugées vitales en matière de défense, telles que déterminées par le Livre blanc. Cette mission pourrait faire l'objet d'une coopération dédiée entre les quelques organismes qui partagent une vision de l'essentiel de ces compétences : la DGA, le CEA (aujourd'hui Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives), le CNES (Centre national d'études spatiales) et l'ONERA (Office national d'études et de recherches aérospatiales).



## QUELS INGENIEURS POUR ASSURER CETTE CONTRIBUTION ?

Une remarque préliminaire est que beaucoup des observations qui suivent s'appliquent à de nombreux secteurs d'activité ; ce qui ne diminue pas leur pertinence pour la défense, mais conduit à s'interroger sur les caractères spécifiques des ingénieurs qui œuvrent dans ce domaine.

### Observations générales

#### Pas de profil unique, mais une certaine polyvalence commune à tous

Pour remplir toutes les fonctions citées au chapitre précédent, tant dans les administrations que dans l'industrie, il est nécessaire de disposer d'ingénieurs de profils variés à différents points de vue.

En premier lieu, il faut naturellement des spécialistes de domaines, capables de rassembler des connaissances et des réflexions pour analyser des problèmes et contribuer aux solutions, et des meneurs, chefs de projets, responsables de processus ou dirigeants de services, aptes à entraîner des équipes et à utiliser les contributions des experts pour aboutir à des actions globales. Une observation à cet égard est que, dans une chaîne de spécialités de plus en plus larges, beaucoup peuvent être considérés à la fois comme des experts par certains et comme des généralistes par d'autres. A l'extrême, le délégué général pour l'armement est un spécialiste lorsqu'il rencontre un élu et un généraliste lorsqu'il s'adresse au responsable d'un pôle technique.

Plus finement, les analyses qui précèdent ont fait ressortir un certain nombre de métiers nouveaux ou appelés à se développer : intelligence économique, dialogue avec le monde scientifique, sécurité des systèmes, prospective...

Corrélativement, il est demandé à certains ingénieurs d'être plutôt des théoriciens capables d'appréhender des systèmes abstraits, à d'autres de se situer au contact de la réalité par exemple pour conduire des essais, définir ou évaluer des équipements. Mais dans tous les cas il y a une sanction de l'expérience, qui vient souvent plus vite et plus directement pour la seconde catégorie.

Enfin, il a été souligné l'attrait croissant de la figure d'entrepreneur ou d'innovateur, qui grâce à ses compétences techniques et économiques, mais aussi à ses capacités d'imagination, d'écoute et de conviction parvient à constituer une équipe et la faire vivre ou à transformer la société. Cependant, si des



ingénieurs de ce type sont nécessaires pour permettre au système de défense de progresser et de s'adapter aux besoins du monde, il est clair que des profils plus conformistes sont indispensables pour assurer la conduite cohérente des grands programmes.

Cette variété des profils, que favorise la diversité des écoles d'ingénieurs de différents niveaux, ne doit pas faire oublier qu'une certaine polyvalence reste une qualité de base, nécessaire pour fédérer des compétences et répondre à des besoins actuels.

### Un élargissement indispensable des compétences à acquérir

En ce qui concerne les connaissances scientifiques et techniques, à côté de domaines classiques de l'ingénieur comme la mécanique, la chimie, les matériaux, l'électronique, les formations d'excellence les plus recherchées concernent certainement les mathématiques et l'informatique, qui s'appliquent le mieux à la révolution numérique. Il faut sans doute ajouter les sciences du vivant<sup>15</sup>. Bien entendu, la préoccupation reste que la formation soit pérenne, exigence particulièrement sensible dans le secteur de l'informatique où les technologies évoluent très vite.

Cependant, les personnes consultées par le groupe ont surtout insisté sur la préparation aux métiers relationnels, afin de maîtriser une certaine pluridisciplinarité et sur la formation aux facteurs humains afin de pallier une faiblesse souvent reprochée aux ingénieurs, davantage portés sur l'esprit de géométrie que sur celui de finesse pour reprendre la formulation de Pascal<sup>16</sup>.

Pour favoriser l'ouverture internationale, la formation aux langues étrangères, en particulier l'anglais, est considérée comme devant être encore améliorée. Par ailleurs, une meilleure familiarisation à la gestion, aux affaires et à la stratégie d'entreprise est jugée nécessaire. Enfin, il paraît hautement souhaitable que des ingénieurs qui doivent contribuer aux systèmes de défense, ou à des équipements spécifiques, acquièrent une culture du domaine qui les sensibilise aux enjeux tels que la variété et la rudesse des conditions d'utilisation, ou encore la confidentialité et la sécurité dans la conception.

Au plan des approches et des méthodes de travail, les capacités des ingénieurs à anticiper, à innover, à rechercher eux-mêmes l'information utile et aussi à considérer les problèmes en termes de systèmes doivent être développées pour une meilleure adaptation au monde actuel, mouvant et complexe. Il est reconnu qu'une partie de ces compétences peut être acquise par une pratique de la recherche et plusieurs

---

15

En février 2009, Bertrand Collomb notait à propos de ParisTech : « Nous travaillons aussi à un partenariat avec Paris V, la grande université médicale. En effet, dans la comparaison internationale, l'ingénierie médicale est un domaine de développement important qui manque à la panoplie de nos écoles d'ingénieurs ».

<sup>16</sup> Selon Fabrice Dambrine, l'ingénieur des grands corps techniques « disposera d'une solide formation scientifique et technique de base qui lui permettra de comprendre les problématiques à dimensions techniques complexes, d'en appréhender les grands enjeux techniques, économiques et sociétaux et de dialoguer avec les experts du secteur, en étant à la fois capable de poser les bonnes questions et d'éviter les chausse-trapes ».



écoles encouragent leurs diplômés à préparer des thèses, qui auront l'avantage de leur conférer un titre de docteur mieux reconnu dans d'autres pays.

Toutes les exigences nouvelles qui viennent d'être recensées conduisent logiquement à poser la question d'un allongement de la durée des études d'ingénieur. Mais il est à craindre qu'un décalage de l'entrée dans la vie active ne soit pas favorable au développement personnel des intéressés ; d'autant plus que cette entrée ne se traduit pas aussitôt par la prise de responsabilités : selon certains avis, au moins trois années d'intégration dans une entreprise sont nécessaires pour acquérir une compétence autonome et il en est certainement de même dans une administration comme la DGA dont l'environnement et les missions sont probablement encore plus complexes. On peut à cet égard retenir l'exemple du Canada qui ne délivre le diplôme d'ingénieur qu'après un certain nombre d'années d'expérience.

Une orientation qui découle de cette discussion serait d'assurer dans la formation initiale des ingénieurs destinés à la défense, à côté des enseignements approfondis liés à leur spécialité, une initiation minimale sur tous les points qui ont été mentionnés plus haut qui serait complétée au titre de la formation continue<sup>17</sup>. Cette dernière apparaît en effet primordiale pour maintenir les compétences d'adaptabilité des ingénieurs, leur haut niveau d'expertise, leur ouverture à la société.

## **Cas des ingénieurs de l'État et plus particulièrement du ministère de la Défense**

### **Cultiver la technique sans s'y enfermer**

Au ministère de la Défense, davantage encore que dans une entreprise, il importe d'offrir aux jeunes ingénieurs des emplois de nature technique pour au moins deux raisons.

D'abord, si l'ingénieur doit savoir conceptualiser, il doit aussi être capable d'une vision réaliste et se débrouiller dans la pratique. Cette qualité est certainement nécessaire pour être un interlocuteur reconnu, donc efficace, vis-à-vis de représentants de l'industrie qui peuvent s'appuyer sur un arrière-plan de compétences et d'expériences de terrain souvent beaucoup plus étendu que celui des services de l'État.

Ensuite, il a été constaté depuis plusieurs années un manque d'attractivité, des difficultés de recrutement des ingénieurs à la DGA qui seront commentés plus bas. Or sans aucune ambiguïté, c'est la technique qui attire les jeunes ingénieurs, surtout si le sujet présente du sens, s'il peut leur être communiqué un souffle qui les fasse rêver. C'est ainsi qu'il est possible de recruter des passionnés dans le domaine de la sécurité où les besoins sont importants.

---

<sup>17</sup> Selon Fabrice Dambrine, l'ingénieur des grands corps techniques aura notamment « complété sa formation scientifique de base par les autres formations dont il aura besoin pour exercer son début de carrière au service de l'État : expérience des réalités concrètes de terrain, capacité à intégrer plusieurs dimensions (technique, bien sûr, mais également juridique, économique, administrative ou sociologique) et à gérer les interfaces ».



C'est pourquoi il est traditionnellement demandé aux ingénieurs de la DGA de débiter leur carrière dans un centre d'essais ou d'expertise, ou encore dans la conduite d'études générales qui leur permet de développer leurs initiatives et leurs compétences en jouissant d'une grande autonomie. Mais il faut savoir les faire passer ensuite à d'autres activités de plus en plus dominantes, notamment la participation à la conduite de grands programmes.

### **Trouver un équilibre entre mobilité et stabilité**

Il est très généralement reconnu que la variété des postes occupés est source d'enrichissement et de dynamisme à la fois pour les intéressés et pour leurs employeurs.

Ainsi, un ingénieur du ministère de la Défense a besoin de côtoyer des personnes d'autres origines, et pas seulement militaires, pour élargir son domaine de connaissance et de curiosité. Un ingénieur de l'armement n'ayant pas quitté la DGA avant 35 ans éprouvera beaucoup de difficultés à se familiariser ultérieurement, par exemple entre 45 et 50 ans, à des fonctions exigeant avant tout des compétences de construction du consensus ou une aptitude à atteindre des objectifs en recourant à des voies détournées.

Au plan des institutions, il a par exemple été observé que des mouvements du secteur de la défense vers celui de la sécurité apportaient de la rigueur et de l'efficacité, tandis qu'un transfert de méthodes dans le sens inverse serait utile à la défense parce qu'il existe dans le secteur de la sécurité une culture de la réalisation rapide à faible coût.

Un autre exemple d'intérêt partagé d'un certain niveau de mobilité concerne le mouvement d'externalisation des capacités de fabrication que la DGA a mis en place depuis de nombreuses années et qui est largement étendu aujourd'hui dans le monde civil. La compétence de maîtrise d'ouvrage de programmes complexes des ingénieurs de la DGA est certainement valorisable dans d'autres secteurs. Symétriquement, la DGA peut bénéficier d'expériences menées par d'autres acteurs.

En outre, deux facteurs tendent à encourager encore une accélération de la fréquence des mutations: d'une part la multiplication soulignée plus haut des compétences jugées nécessaires, qui ne peuvent toutes être expérimentées en profondeur dans une seule fonction, d'autre part l'évolution de plus en plus rapide de l'environnement et des structures.

Cependant, une mobilité trop grande présente aussi des inconvénients plus ou moins graves. Conjugée aux modes de communication nouveaux, une faible durée de séjour dans les postes peut avoir pour conséquence d'affaiblir le rôle d'ingénieurs de niveau intermédiaire parce que leurs chefs échangeront directement avec leurs collaborateurs disposant de l'expérience. Pour les entreprises, elle pose la question du maintien et de la transmission des compétences, qui constitue un enjeu majeur.



En ce qui concerne plus particulièrement la défense, une spécificité des systèmes d'armement est la grande durée de leurs phases de préparation, de réalisation puis d'emploi. Il en découle un remplacement régulier des responsables de la mise à disposition de ces systèmes, et il importe donc de bien prendre en compte la question de la continuité et de la validité des décisions prises au cours de la vie de ces programmes. Cette assurance de continuité est en effet une contribution capitale que la DGA peut apporter tant aux décideurs qu'à des interlocuteurs opérationnels concentrés sur des échelles de temps plus brèves.

Une réponse à ce besoin pourrait être de demander systématiquement aux ingénieurs, au moment de leur changement de fonction, de formaliser leur retour d'expérience (et de préciser à cette occasion les motivations des principales décisions qu'ils ont prises) ; cet exercice serait pris en compte dans leur notation. Cependant de telles pratiques, certainement intéressantes et utiles, seraient aussi sources de contraintes et de coûts accrus pour la gestion des ressources humaines du ministère.

En définitive, il convient donc de s'interroger sur le processus qui permettra de concilier au mieux ces différentes préoccupations, dans l'intérêt de la défense et des ingénieurs qui y contribuent.

### **Assurer un engagement à long terme d'ingénieurs au service d'un État stratège**<sup>18</sup>

La discussion qui suit portera en priorité sur le ministère de la Défense et les autres administrations.

En effet, selon un témoignage recueilli dans le cas de l'industrie, il n'existe pas de différence entre la fonction militaire et le besoin civil pour les conditions de recrutement. Les technologies sont très voisines et se servent l'une l'autre. Il n'existe pas non plus de volonté de mettre en place des « filières » très structurées, il importe plutôt de favoriser la fluidité des parcours. Une analyse détaillée de ces modes de gestion devrait logiquement s'étendre à un domaine plus large que la défense et dépasserait le cadre de la présente étude. Reste cependant la question de la maîtrise des compétences jugées vitales.

Pour l'administration, on peut considérer qu'un équilibre est à trouver entre deux philosophies extrêmes. La première, d'inspiration libérale, consiste à considérer qu'il appartient d'abord aux intéressés de gérer leur carrière pour développer au mieux leurs compétences. L'administration définit les profils qu'elle recherche pour les différents postes, qu'elle pourvoit en procédant à des appels à candidatures. La deuxième voie, qui correspond davantage à la tradition française, laisse à l'institution la responsabilité d'organiser pour ses ingénieurs des parcours professionnels leur permettant d'agréger à leurs connaissances techniques initiales une palette de compétences complémentaires, tout en veillant à satisfaire au mieux les besoins de sa mission au service de l'intérêt général.

---

<sup>18</sup> La définition et la mise en œuvre d'une stratégie globale de développement du pays relèvent principalement du pouvoir exécutif. Pour qu'il puisse y procéder efficacement, trois conditions doivent être réunies : 1) un éclairage prospectif sur les évolutions à long terme ; 2) le choix politique des grandes directions à prendre ; 3) la coordination effective des acteurs chargés de la mise en œuvre. « État stratège », Jacques Fournier.



Corrélativement, la première voie correspond à des engagements de durée limitée, l'employeur recherchant par tous moyens, y compris de plus en plus les réseaux sociaux, les meilleures compétences disponibles immédiatement. La seconde voie rend l'employeur responsable de l'évolution des capacités de ses agents ; elle limite sa souplesse d'adaptation mais permet un meilleur contrôle et favorise une relation de confiance particulièrement importante dans le domaine de la défense.

Il est à noter que si, dans l'esprit, la première orientation correspond plutôt à des relations contractuelles et la seconde à des situations statutaires, la correspondance n'est pas absolue. Dans la pratique, les ingénieurs sur contrat du ministère sont suivis et se voient proposer des évolutions tandis que les ingénieurs des corps sont régulièrement invités à exprimer leurs vœux ou sollicités par des services pour remplir des positions vacantes, et sont parfois encouragés à prendre des initiatives pour rechercher des postes à l'extérieur, en particulier dans la deuxième partie de leur carrière, alors que la pyramide hiérarchique et la décroissance globale des effectifs limitent les possibilités de progression.

Cette méthode souple présente l'avantage de responsabiliser les intéressés et de permettre une certaine mise en compétition des candidats d'une part, des services qui les emploient d'autre part, tout en donnant à l'institution la possibilité de mener une politique à long terme pour satisfaire les besoins identifiés. Bien entendu, la mise en œuvre de ce principe pose de nombreuses questions concrètes.

Une première question est celle de l'échelon auquel doit se traiter la gestion des ingénieurs qui contribuent à la fonction de défense au sein de l'État : la DGA qui en est le principal employeur et qui porte la responsabilité des compétences scientifiques et techniques de l'État dans ce domaine ? Le ministère qui incarne cette fonction de défense et est le mieux placé pour partager ses ressources humaines entre les sous-ensembles qui le composent ? Ou encore un service du Premier ministre pour favoriser l'osmose entre les différentes administrations, avec le risque d'affaiblir le sentiment d'appartenance des ingénieurs concernés à une mission régaliennne majeure, source gratuite de cohésion avec ses autres composantes et notamment les armées ?

Une autre interrogation porte sur les conditions de passage en entreprise, seule mobilité aujourd'hui véritablement valorisée par la DGA. Il s'agit en particulier d'éviter les compromissions<sup>19</sup>, mais aussi de faire en sorte que les meilleurs talents ne soient pas systématiquement attirés vers l'industrie par des satisfactions plus concrètes et des avantages matériels, contribuant ainsi à un affaiblissement dommageable de l'État qui, comme il a été observé plus haut, se trouve de plus en plus en situation de compétition avec des intérêts particuliers. Une voie à débattre serait d'organiser des stages systématiques de longueur raisonnable, avec retour obligatoire pour une durée minimale, assez tôt dans la carrière pour que les intéressés puissent être placés dans des services ne traitant pas avec l'entreprise les ayant reçus (avec l'inconvénient d'un moindre profit tiré des compétences industrielles particulières ainsi acquises).

---

19 Selon Fabrice Dambrine, l'ingénieur des grands corps techniques « cultivera la rigueur, l'indépendance d'esprit, l'honnêteté intellectuelle, la curiosité, la volonté d'aller jusqu'au bout des problèmes et l'humilité devant les faits et les choses ». C'est ici très clairement poser la question de l'éthique de l'ingénieur.



Il est également ressenti à court terme la difficulté de gérer une pénurie d'expertise technique, qui freine les mouvements d'ingénieurs vers l'extérieur ; d'où des insatisfactions et un déficit de rayonnement dommageable.

### Restaurer l'attractivité

Alors même que le besoin de compétences de pointe se fait plus criant, on constate une baisse d'attractivité des carrières d'ingénieurs au ministère de la Défense, qu'illustrent des difficultés périodiques à remplir les postes d'ingénieurs de l'armement offerts à la sortie de l'École polytechnique. Plusieurs facteurs concourent à cette tendance.

De façon générale, l'évolution culturelle rend le service public, de plus en plus omniprésent et critiqué, moins attrayant pour les jeunes que les carrières en entreprise. C'est une évolution qui sert parfaitement les objectifs économiques de la nation, mais c'est un problème pour le ministère de la Défense. Il s'ajoute une certaine désaffection d'ensemble pour les fonctions techniques et scientifiques, accentuée pour les ingénieurs par la plus faible proportion de hautes responsabilités hiérarchiques déjà observée.

En ce qui concerne le Ministère, cette tendance est encore aggravée par le rôle moins prééminent de l'État en matière de technologie, la baisse des budgets depuis la fin de la guerre froide, les tâches plus abstraites, contrôlées, éloignées des réalisations concrètes.

En conséquence, une politique ambitieuse de ressources humaines s'impose.

Pour attirer des ingénieurs de haut niveau, capables de faire respecter l'État face aux grandes entreprises, une première observation est qu'une augmentation des rémunérations serait à elle seule insuffisante, coûteuse et créatrice de situations gênantes, voire injustes, du fait de la comparaison avec d'autres catégories de personnels. D'autres leviers doivent certainement être utilisés, comme l'intérêt des tâches confiées, qui suppose de disposer de moyens convenables, et le sentiment de travailler sur « les grands sujets de la France ».

Un enjeu associé est d'assurer la fidélité à l'intérêt national, l'engagement à long terme déjà cité vis-à-vis de l'État, sans les payer par des avantages qui finiraient par constituer des rentes de situation.

Deux orientations pourraient être proposées à ce stade.

D'une part, les contraintes financières étant connues, il est certainement préférable de privilégier la qualité des ingénieurs du Ministère plutôt que leur nombre. Malgré tout, la modération des effectifs doit être pesée au regard de l'augmentation de la proportion d'ingénieurs dans les entreprises avec lesquelles ils traitent.



D'autre part, l'État devrait offrir à ses ingénieurs des avantages équilibrés par des exigences corrélatives, qui ne sont pas les mêmes pour les spécialistes et les généralistes. Ainsi, les spécialistes devraient être reconnus comme experts et bénéficier de la possibilité de poursuivre des travaux avec une certaine indépendance, notamment lorsque les besoins de la défense ne les occupent pas à plein temps dans certaines périodes, s'ils sont reconnus comme tels dans la communauté des spécialistes de leur domaine. Les généralistes devraient se voir offrir des parcours diversifiés et intéressants à condition de faire preuve d'une grande flexibilité pour accepter différents environnements et s'adapter à faible préavis à l'évolution des besoins.

## Un regard international

Des informations sur la participation des ingénieurs à la défense ont pu être recueillies auprès des services d'ambassades de différents pays : Allemagne, Brésil, États-Unis, Inde, Royaume-Uni, Russie et Suède. Il en est ressorti quelques éléments de comparaison intéressants, qui doivent cependant être considérés avec prudence pour deux raisons : d'une part le temps limité consacré à l'analyse d'une partie de ces informations qui n'ont été reçues qu'à la fin de l'étude retracée dans le présent rapport, d'autre part la diversité des contextes et les difficultés à rassembler des données précises qui ont été soulignées par les personnes consultées.

Les principales observations portent sur le nombre et le statut des ingénieurs dépendant des ministères de la Défense, leur rôle et leur place dans les organisations, leur parcours et leur formation.

### Des statuts variés, civils ou militaires

En Inde, les ingénieurs semblent cantonnés à des rôles techniques, de niveau hiérarchique limité, et il n'y en a pas, ou très peu, au ministère de la Défense.

Tous les autres ministères considérés emploient des ingénieurs civils, à l'exception du Brésil qui donne un statut militaire à des ingénieurs recrutés pour 8 ans au maximum dans le monde civil. En particulier, au Royaume-Uni, les ingénieurs du ministère de la Défense ont généralement le statut de civils.

Il semble que seuls les États-Unis ont créé, comme la France, des corps d'ingénieurs militaires : ceux-ci se trouvent dans les différentes armes et pour l'acquisition.

Le Brésil, l'Allemagne et la Suède comptent parmi leurs officiers des armes des ingénieurs, en nombres et proportions très variables : environ 150 en Suède, 1700 au Brésil (pour lequel ingénieur militaire est une spécialité comme une autre) et 4500 en Allemagne, soit dans ce dernier cas 21% des officiers (à comparer à 22 500 ingénieurs militaires, soit 13% des officiers, aux États-Unis).



### Une répartition diversifiée de la fonction armement entre armées, services du ministère ou agences extérieures

Un trait commun à l'Allemagne, aux États-Unis, au Royaume-Uni et à la Suède est l'existence, à côté des armées et de l'administration centrale, d'agences en charge de développement des capacités technologiques (notamment la DARPA aux États-Unis, le Dstl - Defence Science and Technology Laboratory - au Royaume-Uni et le FOI en Suède) ou d'acquisition et de conduite de programmes (comme le BWB en Allemagne et le FMV en Suède). Cependant, au Royaume-Uni, la DE&S (Defence Equipment&Support), qui gère les acquisitions et programmes d'équipement, ne dispose pas de réelles compétences techniques comparables à celle de la DGA et doit se reposer davantage sur l'industrie.

En Russie, c'est une direction principale du ministère de la Défense qui est responsable de la politique technique, du programme d'achat des armements et de l'organisation des travaux de recherche et développement associés, des essais et de la maintenance, de même qu'en France ces responsabilités sont essentiellement exercées par le Ministère, même si la contribution majeure d'établissements publics tels que le CEA, le CNES ou l'ONERA ne doit pas être oubliée. En Russie comme en France, c'est la pratique du faire faire qui domine.

### Une proximité variable avec les responsables opérationnels

En ce qui concerne la situation des ingénieurs, les traits saillants peuvent être résumés comme suit :

En Allemagne, les ingénieurs civils et militaires sont employés ensemble dans tous les domaines ; mais ce sont surtout des civils qui participent au processus d'acquisition en matière d'armement, dans toutes les phases et jusqu'au plus haut niveau ; plus généralement, dans l'administration publique, les ingénieurs assurent essentiellement des missions d'encadrement et de planification.

Au Brésil, les ingénieurs militaires de carrière occupent des postes techniques, puis vont comme les officiers des autres spécialités dans les états-majors où ils jouent le même rôle dans les processus de décision, de sorte que les liens se tissent naturellement. Leur progression hiérarchique est cependant moins rapide que dans des spécialités plus porteuses (comme les pilotes) alors qu'ils sortent des meilleures écoles du pays.

Aux États-Unis, la politique générale est de répartir les ingénieurs dans les différents organismes plutôt que de les rassembler dans un service unique. Les ingénieurs militaires sont des intermédiaires entre les commandements opérationnels et les agences technologiques qu'ils contribuent à rapprocher ; leur statut leur confère une crédibilité vis-à-vis du commandement militaire et ils peuvent apporter une meilleure compréhension des enjeux opérationnels que les personnels civils.

Au Royaume-Uni, contrairement à la France, on trouve très peu d'ingénieurs dans les processus de décision, même en matière de capacités.

En Russie, il semble que des officiers des armes travaillent dans le domaine de l'armement, au sein d'équipes de petit format.

En Suède, les agences jouissent constitutionnellement d'une grande autonomie de sorte que les ingénieurs du FMV ont un grand pouvoir de décision en matière d'armement. Ils sont principalement civils et font beaucoup appel à des experts extérieurs, de façon excessive selon certains. Inversement, il est estimé que bien trop peu d'officiers des armes ont une formation technique.



## Un recours aux formations dans le domaine civil et des pratiques de mobilité assez répandus

Quant aux parcours et à aux formations, il convient surtout de noter les points suivants :

En Allemagne, les ingénieurs civils sont recrutés après avoir obtenu un titre universitaire (bachelor ou master) dans un établissement généralement extérieur au ministère de la Défense et suivent une formation complémentaire (stage de deux ans) ciblée sur l'armement. Les officiers deviennent ingénieurs après des études dans une université du Ministère. Celui-ci a aussi passé des accords avec quelques établissements extérieurs qui mettent à sa disposition des places d'étudiants dans plusieurs cursus. La plupart des ingénieurs du Ministère y effectuent toute leur carrière.

Au Brésil chaque force armée possède son école d'ingénieurs, parmi les meilleures du pays, dont les promotions sont composées d'élèves civils et militaires. La mobilité des ingénieurs résulte des contrats temporaires et d'une proportion importante de démissions d'ingénieurs militaires de carrière pour le secteur privé.

Aux États-Unis, de façon générale est ingénieur celui qui a passé un examen, réputé difficile, après quatre années dans une université (bachelor). Seule une minorité poursuit par un master (un ou deux ans, soit à peu près le niveau d'un ingénieur en France), voire ensuite un PhD (thèse). Au ministère de la Défense, des études menées au début des années 2010 ont conclu que les ingénieurs militaires manquaient d'une vision sur leur carrière, les évolutions apparaissant plutôt comme des opportunités, et que la proportion de personnels technologiquement qualifiés était insuffisante dans les plus hauts grades, notamment les officiers généraux. Il est à noter que des tentatives antérieures pour améliorer le niveau et les perspectives des ingénieurs militaires avaient été abandonnées pour des raisons budgétaires.

Au Royaume-Uni, les études dans le domaine de l'ingénierie ou de la technologie suscitent relativement peu d'intérêt, et seul un doctorat (PhD) peut conférer un statut de bon niveau. Par ailleurs, les ingénieurs du ministère de la Défense sont des fonctionnaires appelés à évoluer, y compris dans d'autres ministères. Enfin, il existe de nombreuses passerelles du secteur public vers le secteur privé, plutôt qu'en sens inverse.

En Russie, à côté des instituts qui forment la majorité des ingénieurs ensuite embauchés par les sociétés du complexe militaro-industriel, le ministère de la Défense possède ses propres centres de formation supérieure, dont certaines spécialités comptent parmi les plus recherchées. Il arrive que les ingénieurs du ministère de la Défense poursuivent une seconde carrière dans l'industrie ; mais ils y accèdent moins que par le passé à des postes de premier plan.

En Suède, très peu d'officiers des armes sont ingénieurs ; il est seulement proposé une formation technique de courte durée à l'occasion du passage éventuel à l'école de guerre. Par ailleurs les ingénieurs civils sont recrutés par annonce et sélectionnés sur la base de leurs compétences, pas nécessairement académiques ; pour ces recrutements il n'y a pas de limite d'âge et la moyenne est de 40 ans environ. Dans tous les cas, les contrats s'apparentent plutôt à des contrats privés (durée indéterminée, pas de garantie en cas de réorganisation, possibilité de partir à faible préavis) et les allers et retours entre industrie, forces armées, FMV sont courants.

## Un besoin souvent ressenti d'améliorer l'attractivité

Le rapprochement de ces différentes observations montre le besoin perçu par les ministères de la Défense de disposer d'ingénieurs de bon niveau, formés en grande partie dans le système universitaire global et



ouverts aux situations opérationnelles. Or, il est souvent fait état de difficultés de recrutement constatées ou potentielles. Ainsi :

Il est noté que l'industrie allemande manque cruellement d'ingénieurs.

Aux États-Unis, il est constaté une légère crise du métier de l'ingénieur militaire, expliquée par une baisse d'intérêt général pour les sciences et un manque de partage d'informations sur les métiers dans les forces pour des raisons de confidentialité.

En Russie, le gouvernement a lancé récemment un grand programme pour rendre plus attractive la situation des ingénieurs du complexe militaro-industriel.

En Suède, les jeunes ne sont pas attirés par les carrières longues dans les armes et il est manifeste que le besoin général en ingénieurs ne sera pas couvert dans les années à venir.





## PREMIERES PROPOSITIONS

Compte tenu de l'ampleur du sujet et de la part faite à un examen préalable assez large du contexte, la présente étude ne prétend pas aboutir à des conclusions exhaustives et détaillées. Elle se limite, au moins dans une première étape, à esquisser un ensemble de propositions, restant à approfondir, qui concernent pour l'essentiel le ministère de la Défense.

Certaines de ces propositions portent sur la formation et la situation des ingénieurs, ainsi que sur leur place dans l'organisation. D'autres concernent plutôt les moyens et les modes d'action.

### Les personnes et les organisations

#### En préalable, une image de l'ingénieur ambitieuse et qui sonne juste : bâtisseur du monde

Pour attirer davantage les jeunes vers des formations puis des fonctions utiles à la collectivité, au-delà des mesures matérielles, il est certainement rentable de s'adresser à leur désir d'idéal<sup>20</sup>. A cet égard, l'image de l'ingénieur « bâtisseur d'un monde qu'il faut construire en permanence » correspond à la fois aux caractéristiques traditionnelles de l'ingénieur et aux évolutions soulignées plus haut. Elle offre l'avantage d'être valorisante sans se vouloir hégémonique. Ainsi :

Elle montre bien que l'ingénieur n'est pas seulement un théoricien mais un réalisateur.

Construire le monde ne se résume plus à créer des machines ou des usines. Il s'agit de concevoir et de mettre en œuvre des systèmes et des services adaptés à un environnement complexe.

Si le bâtisseur est fondamental, il n'est pas tout. Comme le militaire des Forces qui défend la paix et la souveraineté nationale, l'ingénieur n'agit pas à sa guise, mais satisfait des besoins constatés de ses concitoyens, qu'il appartient au décideur, le politique, d'exprimer. Pour ce faire, l'ingénieur utilise les connaissances des savants.

---

<sup>20</sup> Cette question de (re)mobilisation de l'élève ingénieur est particulièrement importante dans le contexte français. Comme le souligna Bertrand Collomb devant l'Académie des Sciences morales et politiques, « L'élève d'une école française y est souvent entré plus par le hasard de son classement au concours que par une véritable vocation pour les technologies ou le domaine industriel correspondant à l'école ; et il se trouve enfermé dans une institution de taille et de ressources limitées, sans les possibilités de croisement interdisciplinaire ou de réorientation qu'une grande université pourrait lui donner ». Lors de la même manifestation, Yvon Gattaz allait même plus loin en affirmant qu'« ingénieur n'est pas un métier que l'on choisit. Soumis au terrorisme de la note de maths, le lycéen qui est bon en maths rentre en prépa sans qu'on lui demande son avis. Il suit une prépa bêtement – sans savoir ce qu'est une entreprise ni ce qu'est le métier d'ingénieur – et, en fonction de la note obtenue au concours, il se retrouve quelque part comme ingénieur d'il ne sait trop quoi ».



Le monde a besoin de beaucoup de bâtisseurs, de beaucoup d'ingénieurs. Ces derniers ne sont plus les chefs de troupes nombreuses mais ils agissent puissamment parce qu'ils maîtrisent les données et savent utiliser les systèmes qui nous environnent.

En outre, il semblerait opportun d'inscrire cette image rénovée dans une revalorisation du service public qui est sans doute aujourd'hui trop déconsidéré par rapport aux carrières dans l'entreprise. La construction du monde a besoin à la fois du sens de l'intérêt général, vocation première des serviteurs de l'État, et du dynamisme des acteurs privés, plus naturellement mus par des objectifs individuels.

Toutes ces idées pourraient se traduire par une démarche globale de formation et de communication, dépassant le cadre du ministère de la Défense mais à laquelle celui-ci serait naturellement amené à participer activement.

### **Des formations tout au long de la vie plus poussées et diversifiées**

Un accès accru des ingénieurs du ministère de la Défense à des formations complémentaires permettrait de diversifier leurs compétences et de faciliter leurs contacts avec différents interlocuteurs.

Trois types de formations pourraient ainsi être proposés : la spécialisation technico-scientifique, la formation aux métiers de gestion (droit, finance), la formation en sciences humaines et sociales (y compris un entraînement à la communication). En pratique, un allongement de la formation initiale répondrait au besoin d'élargissement des connaissances ; cependant, le souci de ne pas retarder l'entrée dans la vie pleinement active incite à préconiser plutôt des formations complémentaires tout au long de la carrière<sup>21</sup>, pouvant prendre la forme de périodes sabbatiques, d'autant plus qu'il faut laisser une place pour la mise à jour des connaissances scientifiques et pour l'ouverture à des domaines nouveaux dont l'importance apparaîtrait après le passage en école des intéressés. Cet enrichissement du parcours offert serait d'ailleurs un élément d'attractivité pour les ingénieurs ayant choisi de servir le ministère de la Défense, tout en justifiant un engagement de plus longue durée.

En particulier, il serait certainement opportun de permettre à un plus grand nombre d'ingénieurs du ministère de préparer un doctorat en laboratoire, voire dans un centre technique de la DGA, ou un diplôme étranger comparable (PhD). Pourquoi ne pas imaginer aussi une mention de doctorat en « sciences et technologies de défense » ? Les laboratoires d'accueil bénéficieraient ainsi d'un accès privilégié aux préoccupations de la défense. Dans tous les cas, cette ambition faciliterait l'ouverture vers les milieux de recherche dont une des missions de l'ingénieur est de rassembler et d'exploiter tous les résultats utiles avec

---

<sup>21</sup> Il est en effet crucial d'éviter la situation révélée par l'enquête de Jean-Marie Duprez, André Grelon et Catherine Marry (« Les ingénieurs des années 1990 : mutations professionnelles et identité sociale ») : les ingénieurs de plus de 55 ans, « sont soumis, dans des proportions non négligeables au chômage, à des départs en retraite anticipée ou tout simplement à des mises à l'écart au sein des entreprises. [...] Ce problème des cadres en fin de carrière n'a pas un caractère récent. En réalité, il est signalé dès l'entre-deux-guerres, certes dans une période de crise où les ingénieurs connaissaient pour la première fois en tant que groupe professionnel le chômage, la déqualification et le sous-emploi (Grelon, 1986). Mais on le retrouve dans les années 50, dans un moment où la France manque cruellement de cadres techniques, au point qu'on devra alors multiplier les créations d'écoles d'ingénieurs (Grelon, 1987) ».



le minimum de décalage par rapport à un front de la recherche de plus en plus étendu et en progression continue. Elle améliorerait aussi la reconnaissance internationale utile dans les situations de coopération.

D'autres formations pourraient être à la fois plus courtes et plus diversifiées, afin de mettre en œuvre une convergence des métiers. A titre d'exemple, on pourrait citer des diplômes étrangers (MBA) ou, français (master), des enseignements orientés vers la conception (« design22 »), la gestion ou des techniques commerciales (« marketing »).

Pour l'accès à toutes ces formations, un processus clair devrait être fixé. Ainsi, des thèses sur des sujets ciblés, ou encore des formations en sciences humaines et sociales, pourraient être proposées en accompagnement de certains postes ou de certaines missions (sociologie des organisations en vue d'une réorganisation par exemple).

### **Des ingénieurs et des officiers des armes plus proches pour des responsabilités complémentaires**

Les analyses qui précèdent ont montré d'une part la nécessité d'échanges étroits entre les responsables de la mise à disposition des systèmes et les utilisateurs, d'autre part le risque accru d'une connaissance moins directe des matériels équipant les Forces chez les ingénieurs non opérationnels. C'est pourquoi il est certainement souhaitable d'intensifier les mesures déjà entreprises pour rapprocher ces différentes catégories et les rassembler davantage dans des ateliers, des travaux d'équipes.

Au plan des organisations, une idée serait de rassembler dans des structures communes les ingénieurs et les officiers des armes pour remplir les fonctions directement liées aux programmes (préparation du budget ou de la programmation, définition des systèmes incluant la prise en compte des retours d'expérience) plutôt que de les séparer dans des services « miroirs » rattachés respectivement aux états-majors et à la DGA. Il s'agirait, en fait, d'étendre un principe déjà appliqué dans le cas du maintien en conditions opérationnelles. Dans cette optique, la DGA se concentrerait en propre sur ses responsabilités de maîtrise des compétences techniques et industrielles essentielles pour l'avenir : travaux de prospective, politique industrielle et contractuelle incluant la veille à l'exportation, études amont et maintien d'équipes de pointe dans des centres techniques ou d'évaluation.

---

22 Du fait de l'importance prise par la question de l'innovation, on fera ici une mention particulière à l'École nationale supérieure de créativité industrielle (ENSCI), la dernière née des grandes écoles françaises (en 1982), qui forme ses étudiants au design. Alain Cadix, alors directeur de l'ENSCI qui, dans son article « Science(s) et design, facteurs d'innovations radicales ? » regrette la vision trop restrictive du design en France, précise : « Nous essayons d'imaginer comment associer des designers aux ingénieurs concepteurs des architectures. L'exercice n'est pas simple car ingénieurs et designers ont des cultures très différentes. Nous travaillons en particulier sur des problématiques de design d'information. En effet, l'information constitue également un objet à designer, dans une société où elle occupe une place de plus en plus prépondérante. Sur cette problématique du design de l'information, nous intervenons auprès d'une institution financière qui a considéré que l'information disponible pour ses traders (listings apparaissant sur des écrans) manquait de clarté, n'était pas exploitable directement et n'alertait pas suffisamment tôt sur les dysfonctionnements ».



Ces principes illustreraient la complémentarité des responsabilités, les officiers des armes pilotant plutôt les actions immédiates et les ingénieurs la préparation du futur.

Ce rapprochement pourrait être complété pour les ingénieurs par :

une augmentation sensible des formations offertes dans les sessions « politique de défense » (en dehors des sessions « armement et économie de défense » qui leur sont plus particulièrement destinées) de l'IHEDN (Institut des hautes études de défense nationale) mais aussi au CHEM (Centre des hautes études militaires),

l'organisation d'activités de groupe, plus ou moins occasionnelles ou informelles, partagées avec des officiers des armes : groupes de réflexion ou de retour d'expérience, travaux de simulation par exemple.

### **Une gestion réaffirmée de ses ingénieurs par le ministère de la Défense**

Il est peu contestable que l'ensemble de la défense et de la sécurité, dont on a souligné plus haut la convergence, est une des premières missions régaliennes de l'État. Pour l'assurer ce dernier a besoin de personnes particulièrement sûres, dont le mode de pensée les distingue de ceux qui poursuivent d'autres grands objectifs comme la création de richesses économiques, la formation, la santé ou la solidarité nationale. Il a été observé que ces particularités justifiaient un lien fort et durable entre ces collaborateurs et l'administration à qui il appartient de mettre en place des parcours adaptés, d'une part pour la représenter dans les différents lieux de concertation et de pouvoir, d'autre part afin de concilier la fidélité de ses collaborateurs et leur ouverture au monde extérieur.

En ce qui concerne plus particulièrement les ingénieurs du domaine de la défense et de la sécurité, tout au moins les ingénieurs de direction, le souci de décloisonnement et d'optimisation de la gestion des compétences incite à les gérer globalement. Sans tirer de conclusions définitives sur les statuts, qui nécessiteraient une étude particulière et une réflexion sur l'ensemble de la fonction publique, on peut estimer que l'institution actuelle de corps d'ingénieurs tels que les ingénieurs de l'armement répond aux préoccupations qui viennent d'être exposées. L'autorité de gestion paraît bien placée au niveau du ministère de la Défense plutôt que d'un organisme interministériel pour plusieurs raisons :

Il paraît préférable de confier la gestion de ressources humaines à long terme à un organisme pérenne qui rassemble des moyens importants, donc à un ministère plutôt qu'à une structure interministérielle ad hoc.

L'importance donnée aux moyens matériels dont sont en charge les ingénieurs est significativement plus grande au ministère de la Défense qu'au ministère de l'Intérieur,

Le ministère de la Défense a une identité forte particulièrement liée au thème de la sécurité et à un esprit de cohésion englobant toute la nation, alors que le ministère de l'Intérieur a une vocation d'administration plus large.

Au sein du ministère de la Défense, de même que les officiers des forces sont gérés par les armées, l'autorité de gestion des corps d'ingénieurs est aujourd'hui la DGA qui en est l'employeur principal. L'opportunité de confier cette autorité à un organisme distinct tel que le Conseil général de l'armement (par analogie avec la solution retenue dans d'autres ministères), mieux adaptée à l'objectif de mobilité, mériterait d'être



approfondie. A cet égard, le souci de favoriser le rapprochement des opérationnels et des ingénieurs devrait rester déterminant.

La proposition de parcours intéressants est un facteur essentiel d'attractivité, enjeu dont l'importance a été soulignée plus haut. En pratique, les parcours proposés aux ingénieurs ayant choisi de servir principalement au ministère de la Défense pourraient comporter deux mobilités obligatoires dans les vingt premières années, dont une dans l'administration hors du Ministère (en France ou dans une structure internationale) et une dans une entreprise ou un organisme de recherche. Ces mobilités (moment et destination) tiendraient compte des spécialités des intéressés et, d'une part de leurs souhaits, d'autre part des besoins et de l'appréciation de l'autorité de gestion sur la suite de leur carrière. Au-delà d'une vingtaine d'années, il paraît moins réaliste de contraindre les mouvements en raison de la raréfaction des postes aux échelons les plus élevés.

## Les outils et les modes d'action

### Un centre d'intelligence de défense

Il est apparu qu'une clef pour accroître l'efficacité des ingénieurs est de favoriser leur accès aux informations de plus en plus nombreuses qui circulent dans le monde, tout en évitant qu'ils s'y perdent ou y consacrent un temps inconsidéré. Il importe à la fois de mieux les connecter et de mieux les aider en tant qu'utilisateurs.

Ainsi, le ministère de la Défense aurait certainement intérêt à mettre à la disposition de ses ingénieurs un ensemble aussi large et cohérent que possible de services tels que :

accès direct à des bases de données techniques, économiques, historiques ou institutionnelles,  
élaboration de documentation dans des délais rapides ou traitement à la demande de données massives,  
formation à la recherche directe d'information, aux exigences de vérification et de protection (cybersécurité).

Pour atteindre cet objectif, une voie à approfondir serait de créer un service en charge de structurer et de faire vivre un portail d'accès à une encyclopédie multimédia en ligne, qui soit aussi une plate-forme collaborative. Ce service pourrait en particulier :

- former et animer une communauté de contributeurs et d'utilisateurs,
- veiller au contrôle de la fiabilité des ressources (cf « Wikipédia »),
- développer des outils de mise en corrélation,
- gérer les niveaux d'accès aux informations (y compris éventuellement pour le grand public) en fonction de considérations de sécurité et du besoin d'en connaître.



Ce moyen d'accès aux données serait en particulier un outil utile pour remplir deux fonctions qui sont certainement à développer :

travaux de prospective destinés à éclairer la définition des systèmes et l'orientation des études amont,

connaissance des compétences disponibles dans l'industrie et la recherche pour les domaines stratégiques et maintien d'un lien avec les spécialistes.

Au-delà de l'utilisation directe des informations, cet outil permettrait aux ingénieurs de la défense de disposer d'une cartographie de compétences sensibles, pour s'assurer que celles-ci restent disponibles et maîtrisées, ainsi que d'une connaissance des spécialistes de l'industrie ou de la recherche à qui s'adresser en cas de besoin. La question de la compatibilité avec les règles de la CNIL (commission nationale informatique et libertés) serait à prendre en compte.

Le périmètre et, corrélativement, la dénomination précise seraient à débattre : Intelligence de défense, pour l'ensemble du Ministère ? Intelligence des systèmes de défense ou intelligence technique et économique de défense, plus particulièrement réservé aux ingénieurs ?

En tout état de cause, bien que les fonctions à remplir se rapprochent de celles des services de renseignement, le dispositif à développer au profit des ingénieurs devrait probablement rester distinct compte tenu des différences de culture et de modes d'action. Mais des liaisons seraient bien sûr à prévoir.

De même, les modalités de réalisation seraient à préciser : mise en réseau, renforcement, regroupement, institutionnel ou géographique de structures existantes telles que DGA/ITE (anciennement : Centre de documentation de l'armement), DGA/Maîtrise de l'information)...

### **De nouvelles formes de partage d'information entre ministères**

Il a été observé plus haut que différents organismes extérieurs au Ministère participent de fait à la fonction de défense, notamment ceux qui ont des missions de sécurité. Corrélativement, des données intéressantes cette fonction figurent dans leurs systèmes d'information. L'organisation de liaisons informatiques permettant un accès réciproque entre les différents systèmes serait de nature à renforcer la performance d'ensemble.

Bien entendu, une interconnexion totale ne serait sans doute pas réaliste, ni peut-être souhaitable. Mais il serait certainement possible de mettre en œuvre des zones partagées, tenant compte du besoin de chaque partenaire, qui pourraient être progressivement élargies.



Comme la question de la gestion des données se pose pour tous les services, une cellule pourrait être mise en place pour accompagner au cas par cas la réflexion nécessaire et mener des expérimentations avec différents partenaires. L'objectif serait :

- de tendre vers une architecture d'échanges (logiciels, interconnexions, moteurs de recherche) permettant à chacun de garder le contrôle de ses données tout en les partageant de façon sûre et traçable ;
- de créer ou soutenir les services qui peuvent émerger grâce à cet accès aux données, en relation avec tous les acteurs intéressés.

### Une exploration des imaginaires pour mieux anticiper les ruptures

Dans un domaine où il importe de faire face à l'incroyable ou à l'imprévisible, certaines tâches des ingénieurs ont intérêt à faire une place à la fiction, à l'imaginaire. C'est le cas de la prospective, de la réflexion nécessaire sur l'acceptabilité d'armements nouveaux, peut-être de certaines négociations internationales. Il s'agit d'améliorer la capacité à sortir des schémas classiques, peut-être aussi de favoriser la recherche de solutions moins complexes.

Afin de répondre à ce besoin sans dénaturer les modes de fonctionnement adaptés au traitement des données et à la définition de solutions réalistes, il semble préférable de mettre en place une entité spécifique qui jouerait le rôle de point d'entrée vers l'imaginaire au profit des ingénieurs, plutôt que d'élargir simplement la base de connaissances mise à disposition de tous. Cette entité, naturellement petite, leur apporterait des moyens, des méthodes ou des partenaires occasionnels notamment pour réaliser des séances de créativité. Elle ferait par exemple appel à des auteurs de romans, des réalisateurs de films, de messages publicitaires ou de jeux vidéo ; elle nouerait des partenariats avec les industries de l'imaginaire<sup>23</sup>.

Un premier pas dans cette voie pourrait être la création d'une petite équipe, peut-être une « agence d'anticipation des ruptures de défense », chargée d'explorer systématiquement des idées nouvelles en utilisant des moyens de simulation et en faisant appel à des correspondants extérieurs. Cette proposition était ressortie d'une précédente étude conjointe du Conseil général de l'armement et des Ingénieurs et scientifiques de France, présentée en détail dans un rapport du Conseil et dans le cahier de l'association, intitulé « Défense et innovation de rupture » (cahier n°10 d'octobre 2012).

---

23 Il s'agit ici d'inventer un organisme plutôt que de s'inspirer d'un modèle existant ; on peut toutefois mentionner l'Institute for Creative Technologies (ICT) américain, dont le site internet signale que « it brings film and game industry artists together with computer and social scientists to study and develop immersive media for military training, health therapies, education and more ». Des organismes également intéressants pourraient être cités en France, comme l'Idea's Lab de Grenoble ou la chaire de modélisation des imaginaires de Telecom-ParisTech.



## ANNEXES



## Annexe 1 : Composition du groupe de travail

*Il est bien précisé que les membres du groupe ont participé à titre personnel, sans engager les organismes d'appartenance qui sont cités*

**Jacques Bongrand** (président du groupe)

Ingénieur général de l'armement en deuxième section, président du comité Défense des Ingénieurs et Scientifiques de France (IESF)

**Philippe Clermont**

Sully Partners

**Didier Cornolle** (secrétaire du groupe)

Conseil général de l'armement (CGARM)

**Antoine Coursimault**

Consultant indépendant

**Eva Cruick**

Agence nationale de la recherche (ANR) puis Direction générale de l'armement (DGA)

**Claudine Fontanon**

École des hautes études en sciences sociales (EHESS)

**Alain Gras**

Université de Paris I (professeur émérite)

**Pierre Musso**

Chaire de modélisation des imaginaires

**Eric Pfannstiel**

Centre interarmées de concepts, de doctrines et d'expérimentations (CICDE)

**Arnaud Reichart**

Direction générale de l'armement (DGA)

**Carl Trémoureux** (secrétaire du groupe)

Conseil général de l'armement (CGARM)

**Eric Waringhem** (participation à distance)

Ingénieur général des études et techniques d'armement en deuxième section

**Général Richard Wolsztynski**



Ancien chef d'état-major de l'Armée de l'air

## **Annexe 2 : Personnes ayant apporté leur témoignage**

*Le groupe remercie les intervenants d'avoir bien voulu partager leur expertise et leurs réflexions*

### **Bernard Beauzamy**

Société de calcul mathématique (SCM)

### **Jean-Luc Bérard**

Groupe Safran

### **Henri Conze**

Ancien délégué général pour l'armement

### **Norbert Fargère**

Direction générale de l'armement (DGA)

### **Jean Guisnel**

Journaliste

### **Patrick Guyonneau**

Ministère de l'Intérieur

### **Alain Juillet**

Académie d'intelligence économique

### **Jean-Pierre Rabault**

Ingénieur général de l'armement en deuxième section

### **Denis Plane**

Ingénieur général de l'armement en deuxième section

### **Bruno Sainjon**

Office national d'études et recherches aérospatiales (ONERA)

### **Guillaume Schlumberger**

Ministère de la Défense

### **Frédéric Tatout**

Ministère de la Défense

