

## Introduction

La supériorité technique d'une armée est un élément décisif pour la réussite d'une opération militaire : « *small edge in performance can mean survival*<sup>1</sup> » (Alic *et al.* 1992). Alors, l'industrie de défense s'est appliquée à proposer des systèmes de plus en plus performants et, depuis le « projet Manathan » jusqu'aux avions de combat en passant par les systèmes de communications, elle a largement contribué au progrès technique, et ce notamment depuis la Seconde Guerre mondiale.

Au-delà de l'aspect sécuritaire, cette participation au progrès technique est un des arguments que les industriels mettent en avant pour montrer l'impact positif des dépenses d'armement. En effet, en raison des fortes contraintes budgétaires qui pèsent sur les pays développés et de l'accroissement du prix des matériels de défense, la question de l'impact de la défense sur les performances économiques globales d'un pays se pose ; et le rôle moteur de l'innovation technologique de défense au sein des systèmes nationaux d'innovation semble constituer un argument pour le maintien de cette dépense.

Or, depuis la fin des années 1980, l'initiative technologique attribuée à l'industrie de défense est remise en cause ; c'est la fin du paradigme des retombées (Alic *et al.* 1992). La dépense militaire devient, d'un point de vue purement économique, plus difficile à justifier et une nouvelle manière de percevoir la relation entre le domaine militaire et le civil émerge. Elle propose une vision qui s'inscrit dans la durée, entre retombées technologiques du militaire vers le civil (ou *spin-offs*) et absorptions technologiques du civil vers le militaire qui alternent (Dombrowski *et al.* 2002).

---

1. « Un petit avantage dans la performance peut signifier la survie. »

C'est alors que la question de la dualité émerge et rencontre un large écho dans la communauté scientifique. La définition la plus simple est certainement celle mise en avant par le ministère français des Armées : « dont les résultats doivent permettre des applications militaires et civiles ». Toutefois, cette définition ne permet pas d'appréhender le concept dans toute sa complexité et la notion de dualité retient encore aujourd'hui plusieurs acceptions, dont aucune ne fait consensus, tant du point de vue académique qu'opérationnel.

À son apparition dans les années 1980, la dualité est présentée (notamment aux États-Unis) comme un moyen de faire bénéficier aux secteurs civils des dépenses militaires en R&D (Recherche et Développement) (Quenzer 2001 ; Uzunidis et Bailly 2005). La dualité est alors en quelque sorte un argument allant à l'encontre de l'existence d'un effet d'éviction associé aux dépenses de défense vis-à-vis des dépenses civiles en R&D. Dès lors, les relations entre la production de défense et la production civile constituent un champ d'analyse majeur pour les économistes de la défense et le concept de dualité est très souvent mobilisé. Il fait l'objet de nombreux travaux (Gummett et Reppy 1988 ; Alic *et al.* 1992 ; Cowan et Foray 1995 ; Molas-Gallart 1997 ; Kulve et Smit 2003 ; Mérindol et Versailles 2010) et permet de mieux comprendre les connexions entre la base industrielle et technologique de défense (BITD) et le reste du tissu économique. Le développement des principes qui la soutiennent constituerait une opportunité afin d'améliorer la performance économique et technologique des dépenses militaires et ainsi leur rendre, d'un point de vue économique, leur légitimité. En effet, en favorisant les synergies entre innovation civile et militaire, la dualité est un moyen de diminuer le coût de la politique de défense et d'améliorer la capacité d'innovation d'un pays.

Néanmoins, une vision opposée de la dualité a progressivement émergé et se développe aujourd'hui en parallèle. Pour les tenants de ce point de vue, ce rapprochement entre innovation de défense et innovation civile est perçu comme un risque de dissémination des technologies militaires en général, et des systèmes d'armement en particulier (Alic 1994 ; Tucker 1994 ; Bonomo *et al.* 1998 ; Meier et Hunger 2014). Dans ce paradigme, d'une part, la dualité affaiblit les capacités des États à contrôler la diffusion des technologies, ce qui faciliterait leur acquisition par des puissances ennemies ou non alliées. Et, d'autre part, cela rendrait les technologies militaires accessibles à des groupes non étatiques, qui constituent alors une nouvelle menace pour les États. Dans cette optique, la dualité viendrait donc réduire la performance de la dépense militaire en tant que garant de la paix et constituerait un risque pour la sécurité globale et la stabilité économique.

Outre ces deux approches macro-économiques, la dualité est aussi apparue plus tard d'un point de vue micro-économique comme une opportunité de diversification

de l'activité des firmes de défense. Si le secteur aéronautique fait en la matière figure de précurseur, aujourd'hui presque aucun secteur industriel concerné par le domaine militaire n'est épargné par une dualisation du marché et la problématique de la dualité constitue désormais un élément-clé de la stratégie des firmes de défense (Depeyre 2013 ; Mérindol et Versailles 2015a).

Les intégrateurs de système sont particulièrement en pointe dans ce rapprochement entre civil et défense (Prencipe 1997, 2000 ; Gholz 2002 ; Sapolsky 2003 ; Hobday *et al.* 2005 ; Lazaric *et al.* 2011). En effet, en tant que tels, ils sont amenés à agréger de plus en plus de technologies qui ne sont pas toujours l'apanage des industriels de la défense (par exemple les semi-conducteurs ou les télécommunications) et doivent ainsi être en mesure de s'appropriier ou encore « d'absorber » des technologies qui n'étaient pas forcément initialement pensées pour l'application militaire. Inversement, si la compétence d'intégrateur de système s'est à l'origine développée au sein de l'industrie de défense, elle est aujourd'hui largement répandue au sein de nombreuses grandes entreprises civiles. Cette compétence permet à ces industriels, notamment ceux ayant recours aux hautes technologies, d'associer un large spectre technologique au sein de leur production, dont certaines en provenance du domaine militaire. Ainsi, dans la sphère de défense comme dans la sphère civile, les entreprises bénéficient des avancées techniques de différents secteurs d'activités par le biais de transferts technologiques.

Plus largement, cette dualisation peut être abordée comme un rapprochement des appareils productifs civils et militaires (Guichard 2004a, 2004b ; Guichard et Heisbourg 2004 ; Serfati 2005, 2008 ; Bellais et Guichard 2006). En 1995, l'U.S. Congressional Office for Technological Assessment désigne la dualité comme le processus de fusion entre la Base industrielle et technologique de défense (BITD) et la plus vaste Base industrielle et technologique marchande (BITM) dans une seule Base industrielle et technologique nationale (BITN) (US congress 1990). Dans son acceptation la plus intégrée, la dualité est alors définie comme une organisation visant la coproduction technologique et industrielle entre la sphère de défense et la sphère civile. Cette dissolution de la frontière entre technologie de défense et technologie civile (si elle n'a jamais existé) offre l'opportunité aux deux sphères de collaborer dans la recherche et le développement des technologies afin de bénéficier au mieux des compétences et des connaissances autrefois scindées dans deux environnements.

Dans cette dernière approche, l'usage de matériel civil dans un cadre militaire comme lors d'un achat sur étagère d'un ministère de la Défense, ou inversement, lorsqu'une industrie s'approprie une technologie initialement destinée à la défense, ne constituent plus alors une forme de dualité. Celle-ci ne se définit plus qu'en

termes de communalité, de synergies et de cohérence technologique entre les systèmes et les « mésosecteurs » technologiques, à l'image de l'approche proposée par R. Guichard (Guichard 2004a, 2004b). L'enjeu devient alors de classer les technologies pour pouvoir évaluer la dualité. En ne considérant plus les usages comme un déterminant de la dualité, il devient alors possible de diminuer le biais de l'analyse liée aux fluctuations des politiques d'achats des ministères de la Défense. De plus, si les usages sont déterminants pour juger de la criticité d'une technologie pour les opérations de défense, ils ne rendent en revanche aucunement compte d'une transversalité technologique potentielle. L'usage d'une technologie ne dit rien de ses caractéristiques technologiques. Ici, il est donc question d'une distinction majeure sur laquelle cette analyse repose. Il s'agit de différencier l'usage dual d'une technologie (dualité en termes de marché) et une innovation duale (dualité en termes de production).

Outre la dualité, le second thème abordé, et qui découle du premier, est celui de l'innovation technologique en tant que telle. L'innovation peut être abordée par le biais de la définition proposée par la deuxième édition du *Manuel d'Oslo*, à savoir : « Les innovations technologiques de produits et de procédés (TPP) couvrent les produits et procédés technologiquement nouveaux ainsi que les améliorations technologiques importantes de produits et de procédés qui ont été accomplies. Une innovation TPP a été accomplie dès lors qu'elle a été introduite sur le marché (innovation de produit) ou utilisée dans un procédé de production (innovation de procédé) » (OCDE 1997). Dans cette acception, c'est l'essence même de l'innovation que de fournir aux firmes un avantage concurrentiel. En cela, elle reprend la position, notamment défendue par Porter (Porter 1985), qui la présente comme la clé de la compétitivité des entreprises qui, pour l'entretenir de façon durable sur des marchés qui évoluent sans cesse, doivent la positionner au cœur de leurs stratégies.

Aussi, les entreprises sont au cœur du processus d'innovation mais, lorsqu'elles parviennent à saisir des opportunités technologiques, elles n'ont fait que le premier pas et il leur revient de protéger cet avantage afin d'en profiter (Teece 1986). Il existe alors différents régimes de protection mis en place par l'entreprise, qui présentent différents niveaux de performances en termes de degrés d'appropriabilité (Dosi 1988). Les dispositifs d'appropriation communément identifiés sont au nombre de six (Levin *et al.* 1985) : les brevets, le secret, les délais, les effets de la courbe d'apprentissage, le coût et le temps requis pour la duplication et les efforts de vente et de services de qualité supérieurs. Tandis que les brevets sont reconnus comme un mécanisme performant d'appropriation des innovations de produit, le secret, les délais, les effets de la courbe d'apprentissage sont considérés comme efficaces pour la protection des innovations de procédés. Il est toutefois difficile d'appréhender

ces derniers, pour ne pas dire impossible, au moins pour ce qui relève du secret, très prégnant dans l'industrie de défense.

La technologie fait l'objet d'une attention particulière de la part des économistes, qui cherchent entre autres à définir précisément ce que recouvre ce terme. Dans de nombreuses approches, la technologie – qui est parfois aussi appelée « technique » – ne se résume pas à un artefact. Elle se compose évidemment d'un ou de plusieurs artefacts, mais réunit aussi en son sein des systèmes techniques, des connaissances, un milieu social ou encore des usages (Pinch et Bijker 1984 ; MacKenzie 1993 ; MacKenzie et Wajcman 1999 ; Bijker 2010 ; Bijker *et al.* 2012).

Dans ces approches, la connaissance joue un rôle capital à l'image de ce qu'affirme Carlsson et Stankiewicz (1991), qui présentent la technologie comme « un flux de connaissances et de compétences ». Les connaissances sont le socle des systèmes technologiques et permettent de les distinguer les uns des autres. Or, en la matière, les économistes font une distinction fondamentale entre connaissances codifiées et connaissances tacites (Polanyi 1983). La connaissance codifiée est explicite et peut facilement faire l'objet de transactions par le biais d'un support (par exemple un brevet), sur lequel elle est transcrite. La connaissance tacite comprend des savoir-faire qui sont le plus souvent rattachés à un individu ou à une organisation, ce qui rend la marchandisation plus délicate.

Néanmoins, même codifiée, la connaissance technologique ne se transfère pas comme une simple information et implique des coûts afin d'acquérir les connaissances non formalisées ou encore les compétences organisationnelles nécessaires pour l'exploiter (Mansfield 1998). Si l'étude des connaissances s'avère un moyen de comprendre la structuration des systèmes technologiques, l'analyse doit s'efforcer de capter, au-delà de sa part formelle, les aspects informels qui y sont irrémédiablement associés.

Une littérature économique abondante explore la diffusion des connaissances et, en suivant la présentation qui vient d'être faite, de la technologie. Il apparaît nécessaire de se pencher sur cette littérature pour analyser l'innovation technologique duale. En la matière, les études empiriques mobilisent en majorité les données de brevets. Ces données pour identifier les flux de connaissances sont validées par une grande diversité des domaines d'application. Elles furent notamment utilisées pour identifier les transferts géographiques de connaissances (Jaffe *et al.* 1993 ; Autant-Bernard et Massard 2000 ; Autant-Bernard *et al.* 2014) et les flux de connaissances au sein de consortiums de recherche (Ham *et al.* 1998). Certains les ont exploitées pour valoriser les retombées de l'innovation (Trajtenberg 1990) ou pour étudier le rôle des inventeurs dans les transferts de connaissances (Jaffe 2000). Enfin, de nombreux travaux reprenant

les citations de brevets comme outils d'analyse examinent les retombées de connaissances ou économiques en provenance de la recherche publique (Jaffe et Trajtenberg 1996 ; Henderson *et al.* 1998).

L'analyse de la diffusion technologique entre la sphère de la défense et la sphère civile, que ce soit dans le cadre précis de la dualité ou dans celui plus large des transferts technologiques, fait en revanche peu appel aux données de brevets. Lorsqu'elles sont mobilisées par les économistes de la défense, les données de brevets sont principalement utilisées pour décrire la situation au sein du domaine en lui-même (Gallié et Mérindol 2015). Tout juste peut-on citer les travaux de Chinworth (Chinworth 2000a, 2000b) sur la dualité au Japon. De manière plus approfondie et régulière, les travaux d'Acosta *et al.* (Acosta *et al.* 2011, 2013, 2017) traitent de la dualité, et plus largement d'innovation technologique dans le domaine de la défense, à l'aide de données de brevets et d'une approche par les classes technologiques.

Plus indirectement liés à la dualité, d'autres travaux utilisant les données de brevets prennent en compte la problématique défense dans leurs analyses pour montrer par exemple que les transferts technologiques de la R&D publique vers les secteurs marchands sont influencés par le caractère défense des innovations (Chakrabarti *et al.* 1993 ; Chakrabarti et Anyanwu 1993).

Ici, pour étudier l'innovation technologique duale au travers des connaissances, deux cadres théoriques sont mobilisés.

Le premier est le cadre de la cohérence. Il apparaît dans les années 1990 à travers les travaux de Teece (Teece *et al.* 1994), qui étudient les stratégies de diversification des entreprises. Les analyses de cohérence portent à l'origine sur l'articulation entre les activités productives au sein des entreprises. Elles sont par la suite adaptées et enrichies afin d'apprécier la cohérence technologique des firmes diversifiées (Piscitello 2005), des secteurs industriels (Krafft *et al.* 2011) ou encore de programmes technologiques (Avadikyan et Cohendet 2005). Ces études permettent de mieux comprendre la manière dont les connaissances se structurent entre elles.

Le second est le cadre de la dominance. La théorie de la dominance économique (TDE) permet d'investiguer les relations asymétriques qui existent entre différentes entités en interaction dans un réseau. La TDE prend ses origines dans les travaux de Perroux (Perroux 1948) sur les relations de pouvoir entre régions et nations dans les échanges internationaux. La TDE dispose d'un outil, la théorie des graphes d'influence (Lantner 1974), qui discerne notamment les dépendances et les interdépendances entre les entités.

Comme le souligne Lantner, l'intérêt de la théorie des graphes d'influence (TGI) est de pouvoir appréhender, au sein de n'importe quelle structure représentable sous la forme d'un système linéaire, l'influence « globale » d'une entité A sur une entité B. Or, cette influence globale ne peut être étudiée sans prendre en compte ce qui se passe dans le reste de la structure. Les liens qu'entretient A avec C, D, etc., impactent et amplifient l'influence qu'il émet directement sur B (Lantner et Lebert 2015). Dans le cadre de cette étude, la TGI est appliquée aux flux de connaissances technologiques pour mieux appréhender leur processus de diffusion entre les sphères civile et de défense.

Par le biais d'une approche systémique, cet ouvrage concilie un cadre d'analyse global autour du concept de dualité (Guichard et Heisbourg 2004 ; Mérindol 2004 ; Bellais et Guichard 2006 ; Serfati 2008) avec une approche des technologies (Pinch et Bijker 1984 ; Carlsson et Stankiewicz 1991 ; Carlsson *et al.* 2002 ; Bijker 2010) permettant l'évaluation de leur potentiel dual. Le travail empirique repose sur l'analyse systématique de la production de connaissances (Jaffe 1986 ; Jaffe et Trajtenberg 2002 ; Verspagen 2004 ; Hall *et al.* 2005) au sein des grandes entreprises de défense. Il mobilise à la fois les outils issus de la théorie de la cohérence technologique (Teece *et al.* 1994 ; Cohen 1997 ; Krafft *et al.* 2011 ; Piscitello 2005 ; Nasiriyar *et al.* 2013) et ceux issus de la théorie de la dominance économique (Perroux 1948, 1973, 1994 ; Defourny et Thorbecke 1984 ; Lantner 1972, 1974 ; Lantner et Lebert 2015 ; Lebert 2016 ; Lebert et Meunier 2017).

Cela revient à se demander en quoi les connaissances et leur diffusion permettent de mesurer un potentiel dual et de caractériser les modalités d'interaction entre la sphère civile et la sphère défense au sein du processus d'innovation.

En cherchant à comprendre quels sont les mécanismes de diffusion de l'innovation technologique duale, ce travail répond à trois principaux enjeux.

Le premier enjeu consiste à définir l'innovation technologique duale et à proposer un cadre d'analyse afin de l'étudier. Pour saisir cet enjeu, il est avant tout primordial de comprendre que la dualité est une notion relativement floue, revêtant de nombreuses caractéristiques selon l'interprétation qui en est faite (Cowan et Foray 1995 ; Kulve et Smit 2003 ; Guichard et Heisbourg 2004 ; Mérindol et Versailles 2015b). Les industriels de défense assimilent la dualité à une forme de diversification de marché, alors que les pouvoirs publics la perçoivent comme un moyen d'assouplir une contrainte budgétaire (Gutman 2001) tout en bénéficiant de nouveaux relais d'innovation ; ces deux exemples montrent que la dualité est un concept protéiforme. Afin de traiter de sa composante technologique, tout en conservant à l'esprit cette complexité, le cadre d'analyse proposé repose sur une conception

stricte du concept, fondée sur le principe de coproduction technologique entre la sphère de défense et la sphère civile. Ainsi, dans le cadre de ce travail, la dualité se distingue des transferts technologiques (Molas-Gallart 1997), et les proximités dans la production technologique entre la sphère civile et la sphère de défense jouent un rôle essentiel dans la structuration d'une innovation duale (Guichard 2004b ; Fiott 2014).

Le deuxième enjeu est méthodologique. Il s'agit de concevoir un ensemble d'outils visant à évaluer le potentiel dual des technologies. Dans ce but, en conformité avec le cadre d'analyse présenté ci-avant, il est nécessaire de déterminer le potentiel de coproduction technologique entre la sphère de défense et la sphère civile. Or, en économie, il est traditionnel de définir une technologie en fonction des connaissances qui la composent (Carlsson et Stankiewicz 1991). Ce sont ces connaissances qui, soit prises comme des briques individuelles, soit prises comme un ensemble articulé, confèrent à une technologie ses caractéristiques. C'est donc en étudiant la production de connaissances dans le civil et dans la défense qu'il est possible de mesurer leurs capacités à produire ensemble des technologies ayant des caractéristiques, si ce n'est identiques, tout du moins compatibles. Par ailleurs, appréhender cette question par le biais des connaissances comporte l'avantage d'éviter de juger *a priori* de l'usage qui pourrait être fait des technologies et offre ainsi une démarche à la fois indépendante et complémentaire de celle de l'expert. Cela permet de définir un ensemble d'outils pour mesurer le potentiel dual de n'importe quelle technologie en mobilisant des cadres théoriques inédits dans l'analyse de la dualité que sont : la théorie de la cohérence technologique (Teece *et al.* 1994 ; Piscitello 2005) et la théorie de la dominance économique.

Le dernier enjeu est de comprendre l'influence de la dualité sur la production de connaissances. Cela conduit à repositionner l'innovation technologique duale dans son environnement global. En effet, au-delà de mesurer le potentiel dual d'une technologie, l'enjeu est ici de mieux comprendre quels rôles la sphère défense d'une part et la sphère civile d'autre part jouent dans la structuration des connaissances liées à l'innovation duale. En effet, la conception d'une technologie dépend non seulement de la production de connaissances internes à celle-ci, mais aussi de la production de connaissances externes. Fleming et Sorenson (Fleming et Sorenson 2001) parlent du caractère corrélational de la production de connaissances. Ainsi, pour étudier la structuration des connaissances liées à une innovation duale, analyser les connaissances propres à l'innovation en question est nécessaire, mais il faut aussi tenir compte des connaissances qui peuvent servir, soit en amont au développement de la technologie, soit en aval à la diffusion des connaissances. La définition de l'environnement technologique au sein duquel une innovation duale émerge permet donc de mieux comprendre les complémentarités entre sphère civile et sphère de

défense, et de qualifier le potentiel dual en fonction des interactions entre la technologie étudiée et son environnement technologique.

En conséquence, la valeur ajoutée de cette étude se décompose en trois principaux points : d'abord, un cadre d'analyse de la dualité ancré dans les principes de l'économie industrielle et de l'innovation, permettant ainsi de sortir la dualité d'un particularisme défense ; ensuite, un ensemble d'outils permettant, au-delà des traditionnelles études de cas, de mesurer le potentiel dual de différents systèmes de connaissances et de comparer ces potentiels entre eux ; enfin, une analyse du potentiel dual des systèmes de connaissances représentatifs de l'activité d'innovation des plus grandes entreprises innovantes ayant une activité dans le domaine de la défense, au niveau mondial entre 2010 et 2012.