

32

Un temps de retard

Nouvelles technologies,
nouveaux enjeux de contrôle

Dirigé par

Benjamin King et Glenn McDonald



Une étude du Small Arms Survey

Un temps de retard

Nouvelles technologies,
nouveaux enjeux de contrôle

Dirigé par

Benjamin King et Glenn McDonald



Federal Foreign Office

Un document de la série Occasional Papers du Small Arms Survey, publié avec le soutien du ministère fédéral allemand des Affaires étrangères, et traduit en français avec le soutien du ministère français de l'Europe et des Affaires étrangères.

Crédits

Publié en Suisse par le Small Arms Survey

© Small Arms Survey, Institut de hautes études internationales et du développement, Genève, 2015

Première publication en anglais : février 2015

Publication en arabe : mai 2021

Publication en français : décembre 2023

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, mise en mémoire dans un système de recherche documentaire, ou transmise, sous quelque forme et par quelque procédé que ce soit, sans l'autorisation écrite préalable du Small Arms Survey, à l'exception des procédés expressément autorisés par la loi ou selon les conditions convenues auprès de l'organisation de droits reprographiques appropriée. Toute question relative à la reproduction de tout ou partie de ce document hors du cadre précédemment évoqué doit être adressée au Directeur des publications du Small Arms Survey, à l'adresse ci-dessous.

Small Arms Survey

Institut international de hautes études internationales et du développement

Maison de la Paix 2E

Chemin Eugène-Rigot 2

CP 136 – 1211, Genève, Suisse

Révision : Deborah Eade et Estelle Jobson

Relecture : Stephanie Huitson

Mise en page : Rick Jones

Traduction : Aurélie Cailleaud

Imprimé en France sur les presses de Gonnet

ISBN : 9782940747054

À propos du Small Arms Survey

Le Small Arms Survey est un projet de recherche indépendant dont les locaux sont situés au sein de l'Institut international de hautes études internationales et du développement, à Genève, en Suisse. Créé en 1999, le projet est soutenu par le Département fédéral suisse des affaires étrangères et a bénéficié des contributions actuelles ou récentes des gouvernements allemand, américain, australien, belge, danois, finlandais, néerlandais, néozélandais, norvégien, britannique, mais aussi de l'Union européenne. Le Small Arms Survey remercie les gouvernements canadien, espagnol, français et suédois pour leur soutien passé, ainsi que les différentes fondations et agences onusiennes qui lui ont apporté leur soutien financier.

Les objectifs du Small Arms Survey sont les suivants : être la principale source d'informations publiques sur l'ensemble des aspects relatifs aux armes légères et à la violence armée; mettre des ressources à la disposition des gouvernements, des responsables politiques, des chercheur-se-s et des militant-e-s; assurer le suivi des initiatives nationales et internationales (gouvernementales ou non gouvernementales) portant sur les armes légères; apporter un soutien aux mesures prises pour lutter contre les conséquences de la prolifération et du mauvais usage des armes légères; et jouer le rôle de mécanisme d'échange d'informations et de diffusion des bonnes pratiques. Le Small Arms Survey s'efforce également de mener des recherches sur le terrain et de recueillir des informations, notamment dans les États et régions les plus concernées. Les activités sont menées par une équipe internationale de spécialistes des domaines de la sécurité, des sciences politiques, du droit, de l'économie, du développement, de la sociologie et de la criminologie. Celle-ci travaille en collaboration avec un réseau de chercheur-e-s, d'institutions partenaires, d'organisations non gouvernementales et de gouvernements de plus de 50 pays.

Small Arms Survey

Institut international de hautes études internationales et du développement
Maison de la Paix 2E, Chemin Eugène-Rigot 2, CP 136 -1211, Genève, Suisse

t + 41 22 908 5777

e sas@smallarmssurvey.org

f + 41 22 732 2738

w www.smallarmssurvey.org

Sommaire

Abréviations et acronymes	vii
À propos des auteurs et des directeurs de la publication	x
Avant-propos	xii
Remerciements	xiv
Introduction	1
<i>Benjamin King et Glenn McDonald</i>	
I. Technopolymères et fabrication des armes à feu : les défis à relever et les implications pour le marquage, la conservation des données et le traçage	6
<i>Giacomo Persi Paoli</i>	
Introduction	6
Les technopolymères : histoire, définitions et caractéristiques.	7
Une analyse comparative des polymères et du métal dans le processus de production des armes.	10
Les facteurs économiques et industriels	10
Les facteurs opérationnels ou la perspective des utilisateurs	12
Les implications pour le marquage	14
La commercialisation des parties inférieures de boîte de culasse en polymère	18
Conclusion	22
II. Des armes aux systèmes d'armement : les implications de la conception modulaire pour le marquage, la conservation des données et le traçage	26
<i>Giacomo Persi Paoli</i>	
Introduction	26

Comprendre le concept de modularité.	27
Distinguer les pièces des accessoires	27
Une définition de la modularité	28
Les origines et le développement de la conception modulaire	29
Le programme Special Forces Combat Assault Rifle (SCAR)	29
En quoi une arme modulaire diffère-t-elle d'une arme standard : les exigences SCAR.	30
Au-delà des fusils SCAR : des approches différentes de la modularité	32
Conception modulaire <i>versus</i> conception classique : une analyse des coûts	37
Les implications de la modularité pour le marquage, la conservation des données et le traçage	40
Les problèmes relatifs au marquage	41
Les problèmes relatifs à la conservation des données	42
Les problèmes relatifs à l'efficacité du traçage.	44
Conclusion.	44

III. Armes légères et fabrication additive : une évaluation des armes à feu, composants et accessoires imprimés en 3D. 48

N.R. Jenzen-Jones

Introduction	48
La fabrication additive aujourd'hui	49
Le secteur de la fabrication additive	49
La fabrication additive dans le secteur des armes à feu.	51
L'impression d'armes à feu en 3D par des amateurs.	52
Les technologies actuelles de fabrication additive.	53
La stéréolithographie (SLA)	53
La modélisation de dépôt fondu (FDM).	53
Le frittage laser direct de métal (DMLS), la fusion sélective par laser (SLM) et le frittage sélectif au laser (SLS)	54
Les autres technologies	55

Une évaluation des armes à feu existantes imprimées en 3D	56
Le Liberator de Defense Distributed.	56
Le 1911 de Solid Concepts Inc.	58
Les composants et accessoires d’arme à feu imprimés en 3D	59
L’avenir de la fabrication additive dans le secteur des armes à feu	62
Quelques considérations d’ordre politique.	65
La réglementation de la fabrication des armes à feu.	65
Le marquage, la conservation des données et le traçage.	67
La réglementation des transferts internationaux	69
Les obstacles au maintien de l’ordre	69
Quelques autres implications d’ordre politique	73
Conclusion.	74
IV. Nouvelles technologies et contrôle des armes légères :	
la prévention de l’acquisition et de l’utilisation non autorisées.	81
<i>Matt Schroeder</i>	
Introduction	81
Le marquage, la conservation des données et le traçage.	82
La sécurité physique et la gestion des stocks.	86
Le contrôle de l’utilisation finale.	89
Les obstacles à l’adoption des technologies nouvelles ou sous-utilisées	91
Conclusion.	96
Liste des publications	102

Abréviations et acronymes

ABS	Acrylonitrile butadiène styrène
ACP	Automatic Colt pistol (calibre)
AECA	Arms Export Control (Loi sur les exportations d'armes à feu – États-Unis)
AGNU	Assemblée générale des Nations unies
ATF	Bureau of Alcohol, Tobacco, Firearms and Explosives (Bureau de l'alcool, du tabac, des armes à feu et des explosifs – États-Unis)
BJP	Binder jet printing (impression par projection de liant)
CAO	Conception assistée par ordinateur
CNC	Computer numerical control (commande numérique pilotée par ordinateur)
IMS	Inventory Management System (système informatisé de gestion des stocks)
DMLS	Direct metal laser sintering (frittage laser direct de métal)
DPM	Direct part marking (marquage direct des pièces)
DPV	Dépôt physique en phase vapeur
DTCC/END	US Department of State's Bureau of Political Military Affairs, Office of Defense Trade Controls Compliance, Enforcement Division (division chargée de la mise en application de la Direction des contrôles commerciaux en matière de défense du Bureau des affaires politico-militaires du département d'État)
DTTS	Defense Transportation Tracking System (système de traçage du transport de matériel militaire)
EBF	Electron beam freeform fabrication (fabrication en forme libre à faisceau électronique)

EBM	Electron beam melting (fabrication en forme libre à faisceau électronique)
ECSM	Electronically controlled safety mechanism (mécanisme de sûreté à commande électronique)
EDM	Electrical discharge machining (électro-érosion)
EN	Electroless nickel (nickel chimique)
FA	Fabrication additive
FDM	Fused deposition modelling (modélisation de dépôt fondu)
FFF	Fused filament fabrication (dépôt de filament fondu)
FFL	Federal Firearms License (licence fédérale de détention d'arme à feu - États-Unis)
IFP	Industrial Fingerprint (empreinte industrielle)
ISACS	International Small Arms Control Standards (normes internationales sur le contrôle des armes légères)
ITAR	International Traffic in Arms Regulations (États-Unis)
ITI	Instrument international visant à permettre aux États de procéder à l'identification et au traçage rapides et fiables des armes légères et de petit calibre illicites (« Instrument international de traçage »)
JORD	Joint Operational Requirements Document (document relatif aux besoins opérationnels communs)
MGE	Meeting of Governmental Experts (Réunion d'experts gouvernementaux à composition non limitée)
MIM	Moulage par injection de métal
OSCE	Organisation pour la sécurité et la coopération en Europe
PEEK	Polyétheréthercétone
PLA	Polylactic acid (acide polylactique)
PoA	Programme d'action en vue de prévenir, combattre et éliminer le commerce illicite des armes légères sous tous ses aspects (« Programme d'action »)

POM	Polyacétal
PSSM	Physical security and stockpile management (Sécurité physique et gestion des stocks)
PVC	Polyvinyl chloride (chlorure de polyvinyle)
RFID	Radio frequency identification (identification par radiofréquences)
SCAR	Special Forces Combat Assault Rifle (fusil d'assaut des forces spéciales)
SHS	Selective heat sintering (frittage thermique sélectif)
SLA	Stéréolithographie
SLS	Selective laser sintering (frittage sélectif au laser)
SOCOM	Special Operations Command (Commandement des opérations spéciales - États-Unis)
SOPMOD	Programme Special Operations Peculiar Modification (États-Unis)
SPC	Special Purpose Cartridge (calibre)
STL	Stereolithography file format (format de fichier pour stéréolithographie)
UN CASA	Mécanisme de coordination de l'action concernant les armes légères des Nations unies
UV	Ultraviolet

À propos des auteurs et des directeurs de la publication

N.R. Jenzen-Jones est un spécialiste des armes et munitions militaires et un analyste des questions de sécurité dans le contexte des conflits actuels ou récents. Il dirige l'organisation Armament Research Services (ARES). Il mène des recherches approfondies sur les armes légères et de petit calibre et sur leurs munitions et effectue de nombreuses évaluations techniques portant sur d'autres types d'armes, dont les armes incendiaires et les armes à sous-munitions, ainsi que sur la prolifération des armes classiques. Ses recherches portent aussi sur la lutte contre la piraterie et contre le trafic de drogue, ainsi que sur l'exploitation du renseignement technique. Il est armurier certifié, collectionneur de munitions et membre de l'International Ammunition Association et de la European Cartridge Research Association.

Benjamin King assume les fonctions de chercheur et de coordinateur de projet au sein du Small Arms Survey. Il travaille sur la mise en œuvre et l'efficacité des programmes de contrôle des armes légères et a rédigé plusieurs rapports sur les questions relatives au marquage des armes à feu et à la gestion des stocks. Avant de rejoindre l'équipe du Small Arms Survey, il a travaillé au Soudan du Sud pour le compte du Carter Center. Il est titulaire d'un master en études des politiques internationales, obtenu à l'institut Middlebury d'études internationales de Monterey.

Glenn McDonald assume la double fonction de chercheur senior et de coordinateur du yearbook au sein du Small Arms Survey. Il a conseillé les présidents successifs des réunions sur les armes légères organisées au sein des Nations unies, dont celles au cours desquelles l'Instrument international de traçage a été négocié (en 2004 et 2005). Dans le cadre de ses fonctions précédentes, il a travaillé sur le maintien de la paix onusien (Somalie, 1994-1995) et sur la consolidation de la paix après les conflits (Rwanda, 1995). Glenn a rédigé de nombreuses publications sur les mesures de contrôle des armes légères, plus

particulièrement axées sur les processus onusiens relatifs aux armes légères et sur le traçage des armes. Il est titulaire d'un doctorat en droit et relations internationales obtenu à l'Institut de hautes études internationales et du développement, Genève.

Giacomo Persi Paoli est analyste au sein du programme défense et sécurité de l'Europe de l'institut de recherche RAND et consultant pour le compte du Small Arms Survey. Expert des questions de défense et de sécurité, il a récemment travaillé sur la lutte antiterroriste, la sécurité maritime, le contrôle des armes et l'analyse du marché de la défense. Il mène des recherches sur les armes légères depuis 2008, et a rédigé plusieurs publications portant sur les différents aspects du contrôle des armes légères. Giacomo a servi 14 ans dans la marine italienne en tant qu'officier de guerre; il dispose donc d'une expérience pratique des opérations d'interception en mer dans le cadre, notamment, de lutte contre la piraterie dans la Corne de l'Afrique, de la surveillance des flux migratoires et du sauvetage de migrants dans le sud de la Méditerranée. Il est titulaire d'un doctorat en théorie économique et institutions obtenu à l'université de Rome Tor Vergata, en Italie.

Matt Schroeder est chercheur senior au sein du Small Arms Survey. Il étudie le commerce des armes, le contrôle des exportations d'armes et la prolifération illicite des armes légères et de petit calibre. Il est notamment l'auteur de *The MANPADS Threat and International Efforts to Address It* et le coauteur de *The small arms trade*. Il a, en outre, publié des articles dans de nombreuses revues, dont *Arms Control Today*, *Defense News*, *Defense Technology International*, *Disarmament Forum*, *Foreign Policy*, *Jane's Intelligence Review* et le yearbook du Small Arms Survey. Il avait auparavant dirigé le projet Surveillance des ventes d'armes de la Federation of American Scientists. Il est titulaire d'une licence en histoire de l'Université de Wittenberg et d'un master en politique de sécurité internationale de la faculté des affaires internationales et publiques de l'Université de Columbia.

Avant-propos

Omniprésents dans tous les aspects de la vie moderne, les progrès technologiques ont une influence sur l'évolution des armes et des systèmes d'armement, et notamment sur celle des armes légères et de petit calibre. Ces progrès ont notamment permis aux fabricants d'armes à feu de disposer de nouveaux matériaux pour fabriquer les carcasses – dont les polymères –, de concevoir des armes modulaires ou de produire des pièces ou des armes complètes grâce à des imprimantes 3D. Ces avancées technologiques contraignent les acteurs du contrôle des armes légères et de petit calibre, tel qu'il est défini dans les conventions et documents internationaux – comme l'Instrument international de traçage et le Programme d'action des Nations unies –, à résoudre de nouveaux problèmes. Comment peut-on, par exemple, veiller à ce que les armes modulaires restent traçables? Comment peut-on garantir la durabilité des marquages apposés sur les carcasses en polymère? Et comment prévenir l'expansion incontrôlée de la fabrication d'armes au moyen des technologies d'impression 3D?

Cette étude, intitulée *Un temps de retard : Nouvelles technologies, nouveaux enjeux de contrôle* et financée par le gouvernement allemand, rend compte de l'évolution des technologies de fabrication des armes et explore les pistes envisageables pour transformer la maîtrise des armements en conséquence. Elle s'appuie sur le rapport du Secrétaire général des Nations unies sur l'évolution récente de la conception des armes légères et de petit calibre et de la technologie employée dans leur fabrication ainsi que sur leurs conséquences pour l'application de l'Instrument international de traçage. Cette publication propose des solutions aux problèmes qui se dessinent. Elle analyse également les possibilités offertes par les nouvelles technologies pour le traçage des armes et la gestion des stocks, dont l'utilisation des codes pin, les scanners d'empreintes palmaires, le micro-estampage, l'identification par radiofréquences et les systèmes intelligents de gestion des stocks.

L'électronique va, probablement, être plus systématiquement employée à des fins de maîtrise des armements. Elle est pour l'instant peu utilisée, alors

même qu'elle domine les réseaux financiers, les systèmes de transport, la communication, l'équipement médical et de nombreux autres aspects de la vie moderne. Le gouvernement allemand conditionne déjà l'exportation des armes légères et de petit calibre au cryptage électronique de leurs données de traçage. Logiquement, la prochaine étape devrait être le couplage des fonctionnalités de chaque arme avec son électronique. Je suis convaincue que les technologies de ce type se répandront, à un moment ou à un autre.

Et le fait que les crises sécuritaires se multiplient et que l'extrémisme violent se propage dans de nombreuses régions du monde pourrait bien accréditer cette hypothèse.

Je souhaite remercier le Small Arms Survey pour ce travail d'analyse de l'évolution des procédés de fabrication des armes. J'espère que cette étude persuadera ses lecteurs de la nécessité de faire évoluer les technologies utilisées pour contrôler les armes légères et de petit calibre – et que son contenu alimentera notamment les discussions lors de la réunion des experts gouvernementaux qui se tiendra en 2015 dans le cadre du Programme d'action des Nations unies.

Ces questions revêtent une grande pertinence dans un contexte où, chaque année, plusieurs centaines de milliers de personnes perdent la vie à cause du bon ou du mauvais usage des armes à feu.



Antje Leendertse

Commissaire du gouvernement fédéral allemand chargée de la maîtrise des armements et du désarmement

Janvier 2015

Remerciements

Les auteurs et directeurs de cette publication tiennent à remercier les nombreuses personnes qui ont apporté leur contribution à sa rédaction. Nous remercions notamment Michael Ashkenazi (BICC), Sam Baartz (Armament Research Services), Jonathan Ferguson (Armament Research Services), Gary Fleetwood (Commission australienne contre le crime), Max Hefner (Armatix GmbH), Debra Houser (GeoDecisions), Thierry Jacobs (FN Herstal), Ian McCollum (Armament Research Services), Eric Mutchler (Solid Concepts Inc.), Kyle Parker (Traceability Solutions), Michael Smallwood (Armament Research Services), Murray Smith (Gendarmerie royale du Canada), Didrik Sørli (Tronrud Engineering), Joe Thompson (CIM Industry), Richard Vasquez, Paul William et Jean Yew.

La vérification des faits a été effectuée par Elli Kytomaki (EK Consulting), la révision par Deborah Eade et Estelle Jobson, la composition de la publication par Frank Benno Junghanns et la relecture par Stephanie Huitson.

Nous exprimons toute notre gratitude à Wolfgang Bindseil et Tarmo Dix, du ministère allemand des Affaires étrangères, pour le soutien financier qu'ils nous ont accordé et pour leurs conseils dans le cadre de la production de cette publication. Nous adressons également nos remerciements à l'Ambassadeur Michael Biontino et à Peter Winkler pour leur assistance au cours de la réunion de la Première commission.

Nous avons également bénéficié des conseils opportuns de Gillian Goth, du Bureau des affaires de désarmement des Nations unies (UNODA).

Enfin, nous remercions toutes les sources que nous ne citerons pas pour des raisons commerciales ou légales et qui nous ont gracieusement et constamment aidés et conseillés.

Introduction

Benjamin King et Glenn McDonald

L'évolution récente de la conception, des technologies et des procédés de fabrication des armes légères et de petit calibre pose une série de problèmes dans le cadre de la mise en œuvre des instruments de maîtrise des armements, dont le Programme d'action des Nations unies sur les armes légères (PoA) et l'Instrument international de traçage (ITI) (AGNU, 2005). Deux bonds technologiques avaient été identifiés au cours de la première réunion d'experts gouvernementaux à composition non limitée (MGE₁) qui s'est tenue en 2011 : la production de carcasses et de boîtes de culasse en matériaux polymères et la conception modulaire des armes. Depuis 2011, les responsables politiques et les forces de l'ordre s'inquiètent du développement de la fabrication additive (impression 3D) d'armes à feu, notamment par des producteurs qui ne sont pas titulaires d'une licence. Mais la technologie peut aussi ouvrir de nouvelles et de meilleures perspectives pour la maîtrise des armements, notamment dans les domaines du marquage et de la conservation des données connexes, de la gestion des stocks et de la prévention de l'usage non autorisé des armes. Ces questions ont été explorées dans un rapport produit par le Secrétaire général de l'ONU à la demande des États membres de l'organisation, juste avant la cinquième Réunion biennale des États qui s'est tenue en 2014 (AGNU, 2014a). La MGE₂, prochaine étape du processus, sera organisée dans les locaux du siège de l'ONU à New York du 1^{er} au 5 juin 2015. Ainsi que le prévoit le mandat accordé par l'ONU à cette réunion, il s'agira de prendre en considération « l'évolution récente de la conception des armes légères et de petit calibre et de la technologie employée dans leur fabrication », dont les « mesures pratiques destinées à renforcer sans cesse l'efficacité des modalités de marquage, d'enregistrement et de traçage au niveau national compte tenu de cette évolution » (AGNU, 2014c, par. 6 ; 2014b, par. 40a-b)

Ce numéro de la série Occasional Papers du Small Arms Survey, intitulé *Un temps de retard : Nouvelles technologies, nouveaux enjeux de contrôle* et publié

grâce au soutien du ministère allemand des Affaires étrangères, traite de quatre des enjeux précédemment mentionnés : les carcasses en polymère, les armes modulaires, l'impression 3D et l'utilisation des nouvelles technologies pour améliorer le contrôle des armes. Dans chacune des sections, les auteurs examinent les problèmes qui se posent dans le champ de la maîtrise des armements et les solutions envisageables. À l'instar du rapport de l'ONU précédemment évoqué, cette publication permettra aux États membres de préparer la MGE2 et, notamment, les réponses cruciales qu'ils apporteront aux problèmes posés par les nouvelles technologies. Les premières conclusions de cette étude ont été présentées sous la forme de documents de travail à l'occasion de la cinquième Réunion biennale des États qui s'est tenue en juin 2014 et, plus tard, sous la forme d'un projet de publication à l'occasion de la soixante-neuvième session de la Première Commission de l'Assemblée générale des Nations unies sur le désarmement et la sécurité internationale. Cette réunion parallèle intitulée « Behind the Curve : New technologies and small arms control » s'est tenue le 19 octobre 2014 à New York, au siège des Nations unies.

Cette publication est composée de quatre chapitres qui traitent successivement des quatre sujets retenus, à commencer par le chapitre I, dans lequel **Giacomo Persi Paoli** propose une discussion sur les **carcasses en polymère**. Séduits par la légèreté et le coût peu élevé des polymères, les fabricants d'armes en utilisent de plus en plus fréquemment pour produire des pièces d'armes à feu, dont les carcasses de nombreuses armes de poing vendues tant aux gouvernements qu'à la population civile. Pourtant, il est souvent difficile d'apposer des marquages durables sur les carcasses en polymère – par opposition aux carcasses en métal –, notamment après la fabrication, et donc de se conformer aux prescriptions de l'ITI en la matière (AGNU, 2005, par. 7). Les trafiquants d'armes peuvent tout simplement effacer le numéro de série visible apposé en usine sur la carcasse pour rendre une arme intraçable. Comme le montre l'auteur, l'ITI ne tient que peu compte des spécificités des armes à feu en polymère. Il serait donc utile de disposer d'instructions sur des aspects techniques comme les technologies de marquage applicables aux armes à feu en polymère, sur l'incrustation d'étiquettes métalliques dans ces matériaux ainsi que sur la profondeur et l'emplacement des marquages qu'il conviendrait d'apposer directement sur les pièces en polymère.

Dans le chapitre II, le même **Giacomo Persi Paoli** décrit les recherches menées par les forces armées d'un certain nombre de pays pour développer des fusils modulaires susceptibles de faire office de substitut « tout en un » à différents types et modèles de fusils. La partie supérieure ou la partie inférieure de la boîte de culasse d'un fusil modulaire constitue, en règle générale, la section centrale à laquelle se rattachent (presque) tous les composants et pièces importantes qui peuvent être changés pour reconfigurer le fusil et lui permettre de remplir des fonctions opérationnelles différentes (on peut, par exemple, changer le canon ou le calibre de façon à optimiser la capacité de l'arme à atteindre des cibles situées à différentes distances). Ces armes présentent des avantages, mais elles créent une distinction entre l'arme et ses composants et compliquent tant leur identification unique que la conservation des données connexes, et donc leur traçage. Cette évolution technologique impose aux responsables politiques d'adapter les pratiques de marquage et de conservation des données de façon à ce que les armes modulaires puissent faire l'objet d'une identification unique – et d'une procédure de traçage – à tout moment de leur cycle de vie, indépendamment des modifications apportées à leur configuration.

Dans le chapitre III, **N.R. Jenzen-Jones** montre que les fabricants d'armes à feu sont de plus en plus nombreux à recourir aux technologies additives (**impression 3D**) pour produire des composants et des accessoires. Ces technologies sont coûteuses, ce qui compromet l'avènement d'une production massive d'armes à feu métalliques imprimées en 3D. Mais certains amateurs et producteurs artisanaux les utilisent pour fabriquer des armes en polymère rudimentaires mais fonctionnelles. Les normes nationales et internationales en vigueur – dont celles édictées dans le PoA et l'ITI – sont globalement adaptées au contrôle des armes imprimées en 3D produites par leurs propres utilisateurs, mais leur application est complexe dans un contexte où de nombreux individus et petits groupes peuvent accéder à des technologies d'impression en 3D relativement puissantes. Les armes ainsi produites intéressent les criminels et les groupes armés non étatiques parce qu'elles ne sont pas marquées, qu'elles sont intraçables et qu'elles sont moins bien détectées par les dispositifs de contrôle de sécurité. Toutefois, quelle que soit la façon dont on mesure le rapport coût/performance des armes à feu, celles qui sont produites grâce à des

techniques traditionnelles de fabrication restent plus performantes que celles qui sont imprimées en 3 D. Les gouvernements ont tout intérêt à se conformer aux exigences du PoA et de l'ITI pour mieux maîtriser les armes imprimées en 3D, mais les problèmes les plus aigus que pose le marché illicite restent liés aux armes fabriquées selon les procédés traditionnels.

Comme nous l'avons déjà mentionné, les technologies nouvelles – ou nouvelles pour l'industrie des armes à feu, dont l'utilisation des polymères, les armes modulaires et l'impression 3D – compliquent le contrôle des armes légères. Toutefois, comme le montre **Matt Schroeder** dans le chapitre IV, ces **nouvelles technologies** peuvent aussi améliorer les méthodes de marquage, de conservation des données et de traçage et renforcer la sécurité des stocks ainsi que la prévention de l'usage non autorisé des armes, à condition de parvenir à surmonter les obstacles à leur diffusion. Le chapitre IV présente les différentes possibilités qu'elles offrent pour améliorer le contrôle des armes légères et les barrières susceptibles de compromettre leur utilisation, dont le coût des infrastructures qui les sous-tendent (bases de données et réseau informatique) et, dans certains cas, des inquiétudes quant à leur fiabilité.

En somme, les technologies traditionnelles de fabrication des armes à feu se montrent surprenamment résistantes aux changements qui ont récemment transformé les autres produits et secteurs : ce sont les armes légères de facture traditionnelle qui posent les problèmes les plus aigus en matière de maîtrise des armements. Les principes de base du marquage des armes, de la conservation des données connexes et de leur traçage, mais aussi ceux de la gestion des stocks et de la prévention des détournements, tels qu'ils sont définis dans le PoA et l'ITI, restent fondamentaux. Toutefois, les progrès technologiques évoqués ont une influence indéniable sur le secteur de l'armement. Les gouvernements ont donc tout intérêt à déterminer les modalités d'interprétation et d'application du PoA et de l'ITI qui leur permettront de relever les défis qui découlent déjà et découleront de l'évolution des procédés de fabrication des armes légères et de petit calibre, des technologies et des modes de conception associés. La MGE2 constitue, pour les États membres de l'ONU, une occasion d'échanger des informations et, plus important encore, de s'appuyer sur le rapport du Secrétaire général des Nations unies, sur cette publication et sur leur propre expérience pour élaborer des directives relatives à l'application du PoA et de l'ITI à ce nouveau contexte. 

Références bibliographiques

- AGNU (Assemblée générale des Nations unies). 2001. *Programme d'action en vue de prévenir, de combattre et d'éliminer le commerce illicite des armes légères sous tous ses aspects* (« Programme d'action »). Adopté le 21 juillet. A/CONF.192/15 du 20 juillet.
- 2005. *Instrument international visant à permettre aux États de procéder à l'identification et au traçage rapides et fiables des armes légères et de petit calibre illicites* (« Instrument international de traçage »). Adopté le 8 décembre. A/60/88 du 27 juin (annexe).
 - 2014a. *Évolution récente de la conception des armes légères et de petit calibre et de la technologie employée dans leur fabrication et conséquences pour l'application de l'Instrument international visant à permettre aux États de procéder à l'identification et au traçage rapides et fiables des armes légères et de petit calibre illicites. Rapport du Secrétaire général*. A/CONF.192/BMS/2014/1 du 6 mai.
 - 2014b. *Rapport de la cinquième Réunion biennale des États pour l'examen de la mise en œuvre du Programme d'action en vue de prévenir, combattre et éliminer le commerce illicite des armes légères et de petit calibre sous tous ses aspects*. Adopté le 20 juin. A/CONF.192/BMS/2014/2 du 26 juin (annexe).
 - 2014c. Résolution 69/51, adoptée le 2 décembre. A/RES/69/51 du 11 décembre.

I. Technopolymères et fabrication des armes à feu : les défis à relever et les implications pour le marquage, la conservation des données et le traçage

Giacomo Persi Paoli

Introduction

En 30 ans, l'industrie de l'armement a opéré une transition du métal vers les polymères pour la fabrication d'un nombre toujours plus important de pièces et de composants d'armes à feu, et cette tendance ne fait que se confirmer. En quête perpétuelle de performance et de réduction des coûts, le secteur industriel, dont les fabricants d'armes, oriente sa recherche et développement vers les nouveaux matériaux (Penny, Hellgren et Bassford, 2013).

Malgré cela, ni les différences intrinsèques entre métaux et polymères ni les problèmes de marquage connexes n'ont été pris en considération au cours des négociations du Protocole de l'ONU sur les armes à feu¹ et de l'Instrument international de traçage (ITI)². À ce jour, ces accords sont les seuls instruments internationaux qui contiennent des directives spécifiques – sous la forme d'exigences ou de recommandations – en matière de marquage des armes à feu, de conservation des données connexes et de traçage de ces armes. Mais les dispositions clés de ces instruments ne sont pas adaptées à la surveillance des nouvelles tendances qui pourraient se manifester dans ce secteur.

Dans son rapport de 2014 sur l'évolution récente de la conception des armes légères et de petit calibre et de la technologie employée dans leur fabrication et sur ses conséquences pour l'application de l'ITI, le Secrétaire général de l'ONU a reconnu la pertinence des questions relatives aux nouvelles technologies et les a mises en lumière. Selon ce rapport, produit sur mandat de la Conférence d'examen du PoA³ de 2012 :

Depuis l'adoption, en 2005, de l'Instrument international visant à permettre aux États de procéder à l'identification et au traçage rapides et fiables des armes légères

et de petit calibre illicites, de nouvelles méthodes de conception et de production d'armes ont vu le jour, qui pourraient avoir des conséquences pour l'action menée à l'échelle internationale en vue de lutter contre le commerce illicite des armes légères. Il s'agit notamment de l'utilisation de matériaux non classiques, comme les polymères, et de la conception modulaire des armes (AGNU, 2014a, p. 1).

Ce document a servi de base aux discussions entre États membres de l'ONU sur « [l]es conséquences de l'évolution récente de la conception des armes légères et de petit calibre et de la technologie employée dans leur fabrication sur l'efficacité du marquage, de l'enregistrement et du traçage des armes (AGNU, 2014b, par. 40(a)), en particulier à l'occasion de la réunion d'experts gouvernementaux à composition non limitée (MGE) qui s'est tenue en 2015. Il donne un aperçu des éléments clés relatifs à l'utilisation des polymères industriels dans la fabrication des armes à feu, et montre en quoi ces nouveaux matériaux compromettent la bonne application de l'ITI et du Protocole sur les armes à feu. Bien que différents composants et pièces d'armes à feu puissent être fabriqués à partir d'un ou de plusieurs types de polymères, le rapport traite principalement des carcasses et des boîtes de culasse, notamment parce que ces deux pièces portent habituellement des marquages qui sont essentiels à l'identification unique des armes (AGNU, 2005, art. III, par. 10).

Les technopolymères : histoire, définitions et caractéristiques

Un polymère est une grosse molécule (une macromolécule) composée d'une grande quantité de sous-unités répétées appelées monomères, qui sont combinées au moyen d'un procédé appelé polymérisation. Les polymères sont dotés d'un vaste éventail de propriétés uniques; ils sont naturellement présents dans l'ADN ou dans certaines protéines indispensables aux structures et fonctions biologiques, mais peuvent aussi être synthétiques, par exemple dans les matières plastiques (McCrum, Buckley, et Bucknall, 1997; Painter et Coleman, 1997).

Si les polymères naturels constituent la base de la vie, les polymères synthétiques sont, eux, relativement récents. Parmi les polymères bien connus synthétisés dès les débuts de la polymérisation, on peut citer le caoutchouc

vulcanisé, la bakélite, le néoprène, le nylon, le chlorure de polyvinyle (PVC) et le polystyrène (Carraher, n.d.).

Pendant la Seconde Guerre mondiale, les pénuries de matières premières provoquées par l'effort de guerre ont poussé certains scientifiques à explorer les matériaux alternatifs et à identifier ceux qui seraient les plus accessibles et les plus performants. On peut notamment évoquer des matériaux comme les nylons aromatiques (« aramides »), dont le Kevlar® (capable de bloquer une balle et utilisé comme cordon de pneu) et le Nomex® (à partir duquel on fabrique des vêtements ignifuges) sont des exemples connus (Carraher, n.d.).

Durant les 30 dernières années, de nouveaux polymères synthétiques ont été élaborés et d'autres, plus anciens, ont été améliorés, et cette évolution a conduit au remplacement de plus en plus fréquent du métal par des polymères hautes performances – parfois appelés « technopolymères » – dans les processus industriels. Cette substitution présente des avantages considérables, dont une réduction du poids des pièces ou composants et une baisse globale des coûts (Sauer, 2011).

Dans une perspective industrielle, et en particulier dans le contexte de la fabrication des armes, les polymères présentent des propriétés chimiques, physiques et mécaniques particulièrement intéressantes :

- 1) La **résistance à la traction**, qui mesure la quantité de stress qu'un matériau peut subir avant de céder.
- 2) L'**élasticité**, soit la capacité d'un matériau solide à reprendre sa forme et sa taille originales après suppression des forces qui l'ont déformé. Dans le cas des polymères, le module d'élasticité de Young est particulièrement pertinent : il s'agit d'une constante numérique qui décrit la réponse d'un matériau à un stress appliqué sur deux faces opposées (en cas d'extension ou de compression du matériau par traction ou pression).
- 3) La **résistance au fluage** mesure la capacité d'un matériau à résister, à différentes températures, à toute déformation quand on lui applique une charge pendant une durée prolongée.
- 4) Parmi les autres propriétés intéressantes, on peut citer la **résistance à la température** et, plus important encore, le **coefficient d'absorption d'eau**.

Pour augmenter la résistance et l'élasticité des polymères, on les renforce avec certains types de fibres (comme le verre, le carbone ou les aramides). La résistance



© 73armory.com



© Wikipedia

Images 1 et 2. **Un exemple de partie inférieure de boîte de culasse d'AR-15 complète à 80 % fabriquée à partir d'un polymère renforcé au Kevlar (à gauche) et un Glock 17 de « première génération » avec la glissière bloquée en position arrière (à droite).**

et l'élasticité des polymères renforcés de fibres sont améliorées dans la mesure permise par les propriétés des deux composants, par la proportion des volumes occupés par l'un et l'autre (habituellement exprimée en pourcentage) et par la longueur et l'orientation des fibres (Smallman et Bishop, 1999).

La liste des polymères utilisables dans l'industrie est longue. Pour la fabrication des armes à feu, les polymères les plus communément employés – dans leur version renforcée ou non – appartiennent aux familles suivantes :

- les polyamides (PA6 et PA6.6) ;
- les polyarylamides (PARA, généralement renforcé de 40 à 60 % de fibres) ;
- les polycarbonates ;
- les polyacétals ;
- les thermoplastiques (TPU/TPV)⁴.

Ces polymères sont tous disponibles sur le marché mondial. Les principaux fournisseurs (dont Bayer Material Science, Solvay Plastics et DuPont) proposent plusieurs types de polymères relevant de ces différentes familles. Pour améliorer les performances de leurs produits, les fabricants d'armes apportent parfois leur soutien aux fournisseurs pour qu'ils conçoivent de nouveaux polymères sur lesquels ils peuvent exercer un droit exclusif d'exploitation.

Entre la fin des années 1960 et le début des années 1980, différentes entreprises ont tenté de produire des pièces et composants d'armes à feu en polymère⁵, mais elles n'ont pas rencontré le succès espéré. Ce n'est qu'en 1981 que

Glock a réussi à trouver un marché pour une arme à feu dotée d'une carcasse en polymère (le modèle G17) et à obtenir la reconnaissance des communautés d'utilisateurs. Le succès de cette arme a déclenché une transition progressive vers les polymères, et l'entreprise Glock a ensuite été imitée par d'autres fabricants d'armes (Brogi, 2014).

Une analyse comparative des polymères et du métal dans le processus de production des armes

Les facteurs économiques et industriels⁶

Les coûts

Sachant que les polymères sont de plus en plus fréquemment utilisés pour remplacer le métal dans le processus de production de différentes pièces d'arme à feu, les écarts de coût par pièce fabriquée sont devenus un indicateur important.

Ces écarts varient en fonction des pays et des fabricants (puisque le coût du travail et des matières premières diffèrent), mais l'utilisation intensive des polymères peut permettre, en moyenne, une réduction du prix par pièce de près de 40 %. En fonction du type et du modèle d'arme, les économies qui découlent de l'utilisation des polymères atteignent, en moyenne, 10 à 20 % du coût total du produit final.

Différents facteurs déterminent le coût de production final d'une arme à feu. Le recours aux polymères en remplacement du métal réduit considérablement le coût des matières premières, mais il entraîne des coûts non récurrents plus importants. Par exemple, il est impossible d'ajuster une pièce en polymère après sa production et inenvisageable de modifier les moules utilisés pour produire des pièces standard ; il faut fabriquer des moules *ad hoc* pour produire des pièces adaptées à des besoins spécifiques que les pièces « standard » ne pourraient pas satisfaire. Le plus souvent, les moules *ad hoc* ne sont exploitables que pour le contrat spécifique pour lequel ils ont été créés. Leur coût ne peut donc pas être répercuté sur des cycles de production ultérieurs dont les spécifications techniques seraient différentes.

Du point de vue industriel, la transition du métal aux polymères nécessite de nombreux changements qui touchent tous les aspects des activités concernées, depuis l'approvisionnement en matières premières jusqu'au processus de production lui-même. L'équipement utilisé pour fabriquer des pièces en polymère est, notamment, complètement différent de celui qui convient à la fabrication des pièces métalliques.

Pour fabriquer de gros volumes du même objet en polymère, le processus le plus communément employé est le moulage par injection. Une fois l'objet conçu, l'entreprise fabrique des moules qui permettront de produire des répliques exactes. Ces moules sont onéreux et conviennent donc mieux à la production de pièces en gros volumes (plusieurs milliers). Les moules sont généralement fabriqués en acier trempé, en acier prétrempé, en aluminium ou en alliage béryllium-cuivre. Le matériau est habituellement choisi sur la base d'une analyse coût-bénéfice : les moules en acier sont plus coûteux à produire, mais ils ont une durée de vie plus longue qui permet d'en amortir le coût initial sur le plus grand nombre de pièces qui peuvent être produites avant qu'il ne devienne inutilisable (Rosato, Rosato, et Rosato, 2000, p. 176).

Le processus de moulage par injection fonctionne sur le principe de l'injection à haute pression de matière première (dans ce cas, du polymère fondu) dans le moule. Le polymère fondu prend la forme du moule et se solidifie rapidement dans un moule froid (Groover, 2010, p. 286). Ce procédé peut désormais être utilisé pour fabriquer des armes, et notamment pour produire des pièces métalliques – on parle alors de moulage par injection de métal (MIM). En général,



© FN Herstal, S.A.

Image 3. Un autre exemple d'arme de poing dotée d'une carcasse en polymère, le pistolet FNH five-seven®. Il convient de noter que le numéro de série est gravé sur une étiquette métallique incrustée dans la partie antérieure de la carcasse.

les capacités de production de ce procédé sont faibles et son coût élevé ; il est donc principalement utilisé pour fabriquer de petites pièces complexes.

Les machines utilisées pour produire les pièces en polymère ou par MIM diffèrent considérablement de celles qui sont utilisées pour fabriquer des pièces métalliques. Les fabricants d'armes sont donc contraints de choisir l'une des deux options suivantes.

- **La sous-traitance** : confier la production des pièces en polymère à des sous-traitants spécialisés (parfois locaux). Les fabricants qui se sont déjà dotés de lignes de production complexes de pièces métalliques optent souvent pour cette solution, car ce serait trop onéreux d'intégrer totalement de nouveaux équipements – pour le moulage des polymères – dans leurs processus existants.
- **Le renforcement de leurs propres capacités** : l'option la plus viable pour les entreprises plus jeunes ou de plus petite envergure qui peuvent intégrer de nouveaux équipements et les processus de production de pièces en polymère dans la planification de leur infrastructure de production.

Les facteurs opérationnels ou la perspective des utilisateurs

Outre les considérations économiques et industrielles précédemment évoquées, il convient de noter que les polymères et les métaux diffèrent considérablement du point de vue opérationnel ou, pour le dire autrement, du point de vue des utilisateurs.

La différence la plus flagrante entre ces deux types de matériaux est leur poids. Une carcasse d'arme de poing en polymère peut être jusqu'à 85 % plus légère qu'une carcasse en métal de facture traditionnelle. Une arme en polymère peut, globalement, être plus légère de 40 %, ce qui revient à dire le poids d'une arme de poing en polymère avec un chargeur plein est le même que celui d'une arme de poing traditionnelle *sans* son chargeur (Brogi, 2014). Cette différence de poids se double d'une différence de répartition du poids qui, combinée à la plus grande élasticité des polymères, permet de réduire le recul ressenti.

Les polymères présentent un troisième avantage : ils permettent de concevoir des modèles d'armes de poing et de fusils plus ergonomiques qui améliorent

le confort d'utilisation, la précision de l'arme et la sécurité de l'utilisateur. Ces modèles peuvent par exemple être équipés d'un repose-pouce, permettre une meilleure prise en main, être maniés aussi aisément par une personne droite que par une personne gauchère et avoir une morphologie capable de limiter le risque de se bloquer dans le holster ou de se prendre dans les vêtements au moment où son utilisateur la dégage. Ces modèles améliorent la précision du tir en optimisant l'interface utilisateur-arme.

Les carcasses en polymère peuvent être d'une seule et même pièce (par exemple, les carcasses d'armes de poing) ou composées de deux «coques»; ces dernières sont le plus souvent utilisées pour les fusils, notamment les modèles qui présentent une architecture de type «bullpup» (voir les images 4 et 5)⁷. Selon l'ITI, les carcasses et les boîtes de culasse sont considérées comme des composants «essentiels ou structurels», dont la destruction «rendrait l'arme définitivement inutilisable et incapable d'être remise en état» (AGNU, 2005, par. 10). Une carcasse ou une boîte de culasse de type «coque» peut aisément être remise en état si elle est détériorée.

Les polymères sont dotés d'autres propriétés qui leur confèrent un avantage sur le métal : la résistance à la corrosion, la résistance aux produits chimiques et aux lubrifiants, l'isolation électrique et thermique et le peu d'entretien requis.

En revanche, dans une perspective opérationnelle, les armes à feu qui contiennent des pièces en polymère sont plus susceptibles de subir des dégâts accidentels⁸ que celles qui sont entièrement en métal. Ce risque vaut plus particulièrement pour les armes à feu fabriquées à partir de pièces en polymère



© FN Herstal, S.A.



© FN Herstal, S.A.

Images 4 et 5. Les fusils de type «bullpup» sont généralement dotés de «coques» qui permettent à leurs utilisateurs de bénéficier de tous les avantages d'un modèle ergonomique : un FNH F2000 (à gauche) et ses coques en polymère (à droite).

et métal, notamment aux points de jonction entre les deux matériaux – la connexion entre des matériaux aux propriétés différentes peut représenter un risque critique.

Les implications pour le marquage

Les marquages sont, en tout premier lieu, utilisés pour attribuer une identification unique à chaque arme légère ou de petit calibre. Celle-ci facilite la création et la mise à jour des bases de données nationales et, donc, le traçage des armes⁹.

Dans cette optique, l'ITI et le Protocole sur les armes à feu contiennent des dispositions qui précisent les caractéristiques physiques, l'emplacement, le contenu et le moment du marquage. De manière générale, et sans entrer dans les nuances de chaque instrument, les dispositions relatives au marquage peuvent être résumées comme suit :

- **Un marquage unique** doit être : apposé sur un composant essentiel ou structurel de l'arme à feu ; situé sur une surface exposée ; visible sans aide technique ni outils ; aisément reconnaissable ; lisible ; durable ; et récupérable en cas d'altération si la technique le permet.
- **Au moment de la fabrication**, les marquages apposés doivent permettre d'identifier le nom du fabricant, le pays de fabrication, le numéro de série et un certain nombre d'autres informations comme l'année de fabrication, le type ou le modèle de l'arme et son calibre.
- **Après la fabrication**, les marquages apposés doivent permettre d'identifier les informations relatives à l'importation (pays et année d'importation), au moment de leur transfert des stocks gouvernementaux à un usage civil permanent, à leur détention par des forces de sécurité armées gouvernementales et à l'identification unique, ou à la destruction rapide, des armes illicites récupérées sur le territoire national.

Au moment de la négociation du Protocole sur les armes à feu et de l'ITI, l'utilisation des polymères était relativement répandue dans le secteur de l'armement. Malgré cela, ces armes posent des problèmes de traçabilité qui compromettent la bonne mise en œuvre de ces deux instruments.

Durant le processus de fabrication, les marquages habituels – comme le nom et le logo du fabricant et tous les autres marquages qui figurent généralement sur les armes à feu – sont directement incorporés dans le moule des pièces en polymère. Mais pour inclure le numéro de série – sachant que celui-ci doit être unique –, il faudrait concevoir un moule par arme à feu fabriquée, ce qui est évidemment irréalisable pour des raisons de temps et de coût. De plus, les marquages apposés sur les pièces en polymère après leur fabrication peuvent aisément être effacés ou altérés (voir la section relative aux « méthodes de marquage »).

En 2001, les États-Unis ont renforcé leurs exigences en matière de marquage d'identification des armes à feu applicables aux importateurs et aux fabricants (États-Unis - Département du Trésor et ATF, 2001). Les fabricants doivent désormais ajouter, sur toutes les armes à feu dotées d'une carcasse en polymère, un insert métallique sur lequel est gravé le numéro de série, et ce dans le but de prévenir tout « nettoyage » des marquages (suppression ou altération). Ils placent ces étiquettes métalliques à différents endroits en fonction du modèle et du type d'arme, et procèdent généralement à la gravure du numéro de série sur l'insert avant sa fixation sur la carcasse. Comme nous l'avons déjà mentionné, l'ITI précise que :

Un marquage distinctif devrait être appliqué sur un élément essentiel ou structurel de l'arme dont la destruction rendrait l'arme définitivement inutilisable et incapable d'être remise en état, tel que la carcasse et/ou la boîte de culasse (AGNU, 2005, par. 10).

Au regard des dispositions de l'ITI, l'incrustation d'étiquettes métalliques dans les carcasses en polymère pourrait ne pas constituer une solution permanente de marquage. En effet, une personne pourrait retirer un insert métallique sans toutefois rendre l'arme définitivement inutilisable, avec plus ou moins de facilité en fonction du modèle, du type et de la marque de l'arme. Il est souvent plus facile et plus rapide d'altérer un numéro de série sur l'étiquette métallique plutôt que de la retirer, selon les mêmes procédés que ceux qui sont utilisés pour les armes dotées de carcasses métalliques traditionnelles. Dans le cas d'armes dotées d'une carcasse en polymère, le retrait pur et simple de l'étiquette métallique constitue un risque supplémentaire (voir l'image 6).

L'apposition de marquages après la fabrication pose d'autres problèmes, notamment pour le respect des dispositions du Protocole sur les armes à feu et de l'ITI. Actuellement, les étiquettes métalliques sont taillées pour contenir seulement le numéro de série, ce qui signifie que tous les autres marquages susceptibles d'être ajoutés le seront directement sur la carcasse en polymère. Deux conséquences majeures en découlent :

1) **La méthode de marquage** : le processus de production des carcasses en polymère ne comprend pas les traitements thermiques et de surface qui sont habituellement appliqués aux carcasses métalliques en toute fin de fabrication

pour les rendre plus résistantes à l'usure. Les carcasses en polymère peuvent donc être marquées, après leur production, sans endommager la finition, contrairement aux carcasses métalliques. Pourtant, et bien que l'ITI indique que le choix de la méthode de marquage est une « prérogative nationale » (AGNU, 2005, par. 7), les autorités ne disposent que de peu d'options de marquage pour les armes à feu dotées d'une carcasse en polymère une fois qu'elles sont assemblées. Les propriétés des matériaux polymères n'autorisent que deux techniques de marquage après la fabrication : la gravure au laser et, dans certains cas, la micropercussion (Persi Paoli, 2010). Ces deux méthodes peuvent être employées pour apposer des marquages sur des pièces en polymère, mais il convient de respecter certains critères techniques (relatifs à la profondeur et à l'emplacement des marquages) pour s'assurer, autant que possible, que les marquages seront conformes au critère de « durabilité » de l'ITI (AGNU, 2005, par. 7).

Image 6. Une étiquette métallique mal fixée peut facilement être retirée. Dans le cas présent, le département des technologies des armes à feu de l'ATF a testé la conformité d'une partie inférieure de boîte de culasse vendue dans le commerce avec les exigences fédérales en matière de marquage. Le numéro de série a été facilement retiré au moyen d'un marteau et d'un tournevis qui ont été utilisés pour décoller la face supérieure de l'étiquette métallique. Ce procédé n'a pris qu'une minute et n'a causé aucun dommage à la boîte de culasse.



© Steve Johnson, thefirearmblog.com

- 2) **La récupération des marquages** : la récupération des marquages volontairement effacés ou altérés est l'un des déterminants cruciaux du traçage des armes. Les marquages apposés sur le métal par estampage peuvent souvent être récupérés au moyen d'un processus forensique complexe fondé sur une analyse de la structure physique modifiée du métal. Mais, à l'heure actuelle, la récupération des marquages apposés sur une surface en polymère puis altérés ou effacés est beaucoup plus difficile, si ce n'est strictement impossible (Persi Paoli, 2010).

Encadré 1. Orienter la pratique : les normes internationales de contrôle des armes légères

Les normes internationales de contrôle des armes légères (ISACS), conçues par le Mécanisme de coordination de l'action concernant les armes légères (UN CASA) en collaboration avec un groupe élargi d'experts et d'organisations, traitent de la question des carcasses et des boîtes de culasse en polymère. Les ISACS contiennent des dispositions pertinentes en la matière, notamment dans les modules sur le marquage et la conservation des données :

- Pour les **marquages uniques au moment de la fabrication**, les ISACS recommandent que ceux-ci soient apposés, dans le cas des carcasses non métalliques (...) sur une plaque métallique insérée de façon permanente dans le matériau de la carcasse, de telle façon que :
 - a) la plaque ne puisse pas être facilement ou rapidement extraite; et
 - b) tout retrait de la plaque endommage une portion de la carcasse (UN CASA, 2012, cl. 5.2.1.1.4.)
- Pour les **marquages à l'importation**, les ISACS précisent qu'ils doivent être apposés sur la plaque ou l'étiquette métallique. Si l'arme n'en est pas dotée ou si la plaque ou l'étiquette est trop petite, le marquage peut être directement apposé sur la carcasse en polymère. Il convient alors de choisir un emplacement susceptible de minimiser les effets de l'usure et d'apposer un second marquage sur une pièce métallique (UN CASA, 2012, cl. 5.3.3.2).
- Pour la **méthode de marquage**, les ISACS recommandent d'utiliser une technologie laser pour tous les marquages à l'importation. Ces normes contiennent également des recommandations quant à la profondeur minimale des marquages pour les carcasses tant métalliques que non métalliques (UN CASA, 2012, cl. 5.3.4).

Les ISACS ne traitent pas de tous les problèmes potentiels que le recours aux polymères est susceptible de poser, mais ils constituent une base saine pour prendre en considération les nouvelles tendances en matière de production d'armes à feu.

Désormais, les polymères sont couramment employés dans le secteur de l'armement. Faute de technologies de marquage adaptées (par exemple, les technologies laser), certaines normes pourraient s'avérer impossibles à appliquer, notamment dans le cas des marquages qui doivent être apposés après la fabrication. Du fait des caractéristiques physiques des polymères et des difficultés rencontrées pour apposer des marquages durables sur les pièces que l'on fabrique à partir de ces matériaux, on peut considérer qu'il est le plus souvent inenvisageable de récupérer les marquages effacés ou altérés, ce qui compromet le traçage des armes concernées.

La commercialisation des parties inférieures de boîte de culasse en polymère

Les polymères sont des matériaux de plus en plus souvent exploités dans la production des pièces d'arme à feu, si bien qu'un marché non négligeable s'est ouvert pour les parties inférieures de boîte de culasse, notamment aux États-Unis, et plus précisément pour le Colt AR15, une arme particulièrement répandue sur le marché civil américain (The New York Times, 2013).

Plusieurs fabricants d'armes à feu proposent maintenant des parties inférieures de boîte de culasse de marque : certaines sont en métal, mais la majorité d'entre elles sont fabriquées à partir de différents types de polymères. L'analyse des diverses parties inférieures de boîte de culasse disponibles dans le commerce est particulièrement pertinente, puisque ces pièces sont fabriquées au moyen d'une nouvelle technologie : la fabrication additive, ou impression 3D. Bien qu'elle ne soit qu'à un stage précoce de son développement pour la production d'armes à feu, cette technologie connaît un véritable succès dans d'autres secteurs. Elle pourrait déclencher une « privatisation » de la production des pièces d'armes à feu, et notamment des parties inférieures de boîte de culasse, sinon de la production d'armes à feu complètes (voir le chapitre III).

Dans cette section, l'auteur se propose de répondre aux questions clés suivantes relatives aux parties inférieures de boîte de culasse en polymère.

- Qui sont leurs producteurs, qui sont leurs distributeurs et combien coûtent-elles ?

- Quels sont les avantages et les limites des parties inférieures de boîte de culasse en polymère par comparaison avec celles qui sont faites de métal ?
- Quelle est leur classification dans la perspective de la maîtrise des armements ?
- Quelles sont leurs implications pour le marquage des armes à feu et la conservation des données connexes ?

Il serait difficile de dresser une liste exhaustive de tous les producteurs de parties inférieures de boîte de culasse en polymère, mais on peut estimer, selon différentes sources publiques, que ce marché est dominé par six à neuf grands producteurs de pièces métalliques et un nombre beaucoup plus important de distributeurs autorisés (quelques dizaines), ainsi que par huit à dix fournisseurs de pièces en polymères qui proposent différents modèles dont le prix varie entre 50 et 200 dollars US¹⁰.

Les parties inférieures de boîte de culasse en polymère sont moins onéreuses à produire que celles qui sont fabriquées en métal, et sont donc proposées à moindre prix aux acheteurs. En outre, ces pièces sont plus faciles à personnaliser, ce qui peut séduire les fournisseurs du marché civil. Si le processus de personnalisation de ces pièces est moins onéreux, elles présentent un certain nombre de faiblesses dans des domaines critiques pour une boîte de culasse, et particulièrement pour la partie arrière qui jouxte la crosse. Cette section de la partie inférieure de boîte de culasse, parmi toutes celles qui composent une arme à feu, est celle qui est soumise aux plus fortes contraintes, puisqu'elle est relativement petite et chargée du maintien de l'alignement de toutes les pièces en dépit des mouvements violents et répétitifs qui agitent les différents composants du mécanisme de mise à feu (Leghorn, 2014). Toute fragilité, notamment due à une mauvaise qualité de plastique, entrave le bon fonctionnement de l'arme dans sa totalité. Les différences de prix entre modèles sont le reflet des mesures prises par les fabricants pour contourner cet écueil ; ils peuvent notamment employer des polymères de meilleure qualité, comme le Kevlar[®] ou des polymères renforcés de fibres, ou adopter une « conception hybride ». Cette dernière solution suppose l'insertion d'un petit bloc de métal dont la fonction est de renforcer la zone fragile de la partie inférieure de boîte de culasse dans le but de réduire la probabilité qu'elle se brise (voir l'image 7 ; Leghorn, 2014).



Image 7. Cette partie inférieure de boîte de culasse de marque Some est dotée d'un petit insert métallique qui renforce la zone de jonction particulièrement fragile.

© Nick Leghorn

La loi américaine de 1968 sur la maîtrise des armements a conféré un statut légal aux parties inférieures de boîte de culasse, dont celles qui sont fabriquées à partir de matériaux polymères. Selon cette loi, le terme « arme à feu » fait référence à :

(A) toute arme (dont les pistolets de départ) qui est susceptible de, qui est conçue ou qui peut aisément être convertie pour expulser un projectile sous l'action d'un explosif, (B) la carcasse ou la boîte de culasse d'une telle arme; (C) tout suppresseur de son ou silencieux, ou encore (D) tout dispositif à visée destructive (États-Unis - Congrès, 1968, art. 921(a)(3); gras ajouté par l'auteur; traduction proposée par le Small Arms Survey).

Selon le Code des règlements fédéraux des États-Unis (CFR), la définition « de la carcasse ou de la boîte de culasse » est la suivante :

La carcasse ou la boîte de culasse : *cette partie d'une arme à feu dans laquelle vient se loger le marteau, le verrou ou la culasse, ainsi que le mécanisme de mise à feu, et dont la portion avant est généralement filetée pour permettre la fixation du canon (États-Unis - Gouvernement, 2014, 27 CFR, s. 478.11; gras ajouté par l'auteur; traduction proposée par le Small Arms Survey).*

La loi américaine sur la maîtrise des armements affirme sans ambiguïté qu'une partie inférieure complète de boîte de culasse est une « arme à feu ». De ce fait, les parties inférieures de boîte de culasse disponibles dans le commerce sont souvent complètes à « 80 % », ce qui signifie qu'elles sont incomplètes et qu'il faudrait un outillage et des compétences spécifiques pour les transformer en

une arme à feu au sens de la loi (Tactical Machining, n.d.). Les boîtes de culasse complètes ne peuvent être vendues ou transférées d'une quelconque manière que par des titulaires d'un permis fédéral (Federal Firearms License - FFL), alors que la commercialisation de celles qui sont complètes à 80 % n'est pas soumise aux mêmes contraintes.

Différents fournisseurs américains de boîtes de culasse complètes à 80 % ont tenté d'obtenir du Bureau de l'alcool, du tabac, des armes à feu et des explosifs (ATF) qu'il définisse le statut légal de leurs produits, mais l'ATF s'en est tenu au fait que les parties inférieures de boîte de culasse complètes à 80 % n'étaient pas suffisamment usinées pour être classées dans la catégorie des « armes à feu » au sens de la loi – notamment parce que la cavité de contrôle du tir est le plus souvent vierge de toute perforation (Gomez, 2014). Faute de réglementation, le marché des parties inférieures de boîte de culasse complètes à 80 % est particulièrement concurrentiel, et les nombreux producteurs sont vraisemblablement incités à tenter d'améliorer constamment leurs produits. Ces produits posent, en outre, de nombreux problèmes en matière de maîtrise des armements et, potentiellement, en matière de sécurité.

Du point de vue de la sécurité, ces parties inférieures de boîte de culasse sont « non finies », ce qui signifie que leurs utilisateurs doivent disposer d'un outillage et de compétences spécifiques pour les finir. À défaut, le produit fini pourrait être endommagé et rendre dangereuse l'arme dans laquelle il sera intégré.

Dans la perspective du contrôle des armes, il convient de signaler que ces parties inférieures de boîte de culasse sont aisément accessibles et facilitent le remplacement de pièces originales, ce qui compromet de deux manières le marquage des armes et la conservation des données connexes :

- 1) Tous les marquages apposés par le fabricant seront perdus si cette pièce est remplacée.
- 2) Les parties inférieures de boîte de culasse disponibles dans le commerce portent leurs propres marquages, mais ils ne sont pas toujours conformes aux normes plus strictes que les fabricants d'armes sont légalement tenus de respecter (les étiquettes métalliques peuvent, par exemple, être mal fixées à la boîte de culasse).

Ces deux limites concernent principalement les parties inférieures de boîte de culasse complètes à 80 %, mais on a identifié des exemples de boîtes de culasse complètes qui portaient des marquages non conformes à la loi fédérale (Johnson, 2014).

Conclusion

Parce qu'ils améliorent les performances des produits et abaissent les coûts de production, les polymères industriels et autres matériaux composites vont très probablement jouer un rôle de plus en plus important dans le secteur des armes à feu. Mais, à cause des caractéristiques physiques qui les distinguent du métal, ils pourraient bien faire obstacle à la mise en œuvre de normes internationales clés en matière de marquage des armes légères et de petit calibre et, en conséquence, en matière de traçage des armes à feu.

Le module ISACS consacré au marquage des armes légères et à la conservation des données connexes constitue une bonne base pour résoudre ces problèmes, et ce même s'il n'a pas la même portée normative que l'ITI ou le Protocole sur les armes à feu. Pour le bon fonctionnement des systèmes nationaux de marquage, de conservation des données et de traçage et la bonne mise en œuvre des instruments internationaux de contrôle des armes (en particulier de l'ITI) – ou, mieux encore, pour les améliorer –, les États devront s'atteler aux tâches suivantes :

- trouver le moyen de garantir la conformité des marquages apposés sur les pièces en polymère – au moment de la fabrication et après la fabrication – avec les dispositions de l'ITI, par exemple grâce à l'insertion d'une plaque ou d'une étiquette métallique dans la carcasse ou la boîte de culasse. Il conviendra notamment de définir la profondeur de ces inserts métalliques, leur dimension et leur emplacement, la méthode de marquage et la duplication des marquages ;
- favoriser la diffusion des technologies de marquage qui permettraient l'apposition de marquages sur les pièces en polymère après la fabrication (par exemple, la gravure au laser ou la micropercussion), sans oublier les questions de formation à ces technologies ;

- développer de nouvelles techniques de récupération des marquages effacés ou altérés sur des pièces en polymère ;
- intégrer les fabricants de carcasses ou de boîtes de culasse en polymère dans les discussions et initiatives relevant du contrôle des armes légères, notamment dans celles qui portent sur le marquage et le traçage des armes à feu et sur la conservation des données connexes.

La réunion des experts gouvernementaux de 2015 permettra aux participant-e-s de discuter des nouveaux obstacles au contrôle des armes qui découlent de l'évolution récente du secteur de l'armement, et notamment des nouveaux matériaux utilisés – comme les polymères –, et d'identifier quelques-unes des étapes qu'il leur faudra franchir pour les surmonter. 📌

Notes

- 1 Nom complet : Protocole contre la fabrication et le trafic illicites d'armes à feu, de leurs pièces, éléments et munitions, additionnel à la Convention des Nations unies contre la criminalité transnationale organisée. Voir AGNU (2001).
- 2 Nom complet : Instrument international visant à permettre aux États de procéder à l'identification et au traçage rapides et fiables des armes légères et de petit calibre illicites (« Instrument international de traçage »). Voir AGNU (2005).
- 3 Nom complet : Conférence des Nations unies chargée d'examiner les progrès accomplis dans la mise en œuvre du programme d'action en vue de prévenir, combattre et éliminer le commerce illicite des armes légères et de petit calibre sous tous ses aspects. La conférence s'est tenue à New York du 27 août au 7 septembre 2012.
- 4 Entretiens avec des représentant-e-s du secteur de l'armement.
- 5 Entre 1950 et 1980, plusieurs fabricants ont tenté de commercialiser des armes à feu dotées de pièces en polymère. Mais les communautés d'utilisateurs de ces armes n'ont commencé à accorder du crédit à ces armes qu'à partir de l'introduction du Glock. Le scepticisme des clients potentiels a limité l'échelle à laquelle ces premiers modèles ont été produits et distribués. Parmi ces modèles, on peut citer le Remington Nylon 66, une carabine semi-automatique produite entre 1959 et 1989 qui était dotée d'une poignée et d'une carcasse (coque) en polymère ; le Heckler & Koch VP70, la première arme de poing dotée d'une carcasse en polymère qui a été produite entre 1970 et 1989 ; et le Syn-Tech Exactor de Ram-Line produit entre 1980 et 1995, une arme de poing inspirée du Ruger Mark II qui était dotée d'une carcasse en polymère (Brogi, 2014).
- 6 Sauf indication contraire, les informations données dans cette section sont fondées sur des entretiens en face à face avec des représentant-e-s du secteur de l'armement et sur l'analyse des réponses à un questionnaire préparé par l'auteur.

- 7 Dans les modèles de type « bullpup », le mécanisme de l'arme est placé derrière la détente et devant une crosse courte. Ce procédé permet de diminuer la longueur et le poids de l'arme tout en conservant la taille du canon. Ces modèles sont généralement plus courts de 25 %, ce qui permet à leurs utilisateurs de les manier plus aisément dans les espaces confinés (Dockery, 2007, p. 64).
- 8 Les dommages accidentels sont le résultat d'événements violents externes, involontaires et imprévus. L'usure et la détérioration graduelle des armes due à leur âge ne relèvent donc pas de cette catégorie.
- 9 Selon l'ITI, le traçage est « le suivi systématique des armes légères et de petit calibre illicites trouvées ou saisies sur le territoire d'un État, à partir du point de fabrication ou du point d'importation, tout au long de la filière d'approvisionnement jusqu'au point où elles sont devenues illicites » (AGNU, 2005, par. 5)
- 10 Certains sites internet spécialisés proposent une liste des fournisseurs potentiels, qui comprend un résumé de leurs principales caractéristiques. Voir par exemple AR15.com (n.d.).

Références bibliographiques

- AGNU (Assemblée Générale des Nations Unies). 2001. *Programme d'action en vue de prévenir, de combattre et d'éliminer le commerce illicite des armes légères sous tous ses aspects* (« Programme d'action »). Adopté le 21 juillet. A/CONF.192/15 du 20 juillet.
- . 2005. *Instrument international visant à permettre aux États de procéder à l'identification et au traçage rapides et fiables des armes légères et de petit calibre illicites* (« Instrument international de traçage »). Adopté le 8 décembre. A/60/88 du 27 juin (annexe).
- . 2014a. *Évolution récente de la conception des armes légères et de petit calibre et de la technologie employée dans leur fabrication et conséquences pour l'application de l'Instrument international visant à permettre aux États de procéder à l'identification et au traçage rapides et fiables des armes légères et de petit calibre illicites. Rapport du Secrétaire général*. A/CONF.192/BMS/2014/1 du 6 mai.
- . 2014b. *Rapport de la cinquième Réunion biennale des États pour l'examen de la mise en œuvre du Programme d'action en vue de prévenir, combattre et éliminer le commerce illicite des armes légères et de petit calibre sous tous ses aspects*. Adopté le 20 juin. A/CONF.192/BMS/2014/2 du 26 juin (annexe).
- AR15.com. n.d. Site internet AR15. Page consultée le 31 juillet 2014.
- Broggi, Matteo. 2014. « Le Pistole Glock—una pistola, una rivoluzione mondiale ». *Speciale ad Armi Magazine*, n° 4. Milan : CAFF Editrice.
- Carraher, Charles. n.d. « Synthetic Polymers ». *Chemistry Explained: Foundations and Applications*. Page consultée le 3 juin 2014.
- Dockery, Kevin. 2007. *Future Weapons*. New York : Penguin Books.
- États-Unis - Congrès. 1968. « Gun Control Act ». Loi 90-618. 22 octobre.
- États-Unis - Département du Trésor et ATF (Bureau of Alcohol, Tobacco, Firearms and Explosives). 2001. « Identification Markings Placed on Firearms (98R-341P) ». *US Federal Register*, 8 mars.
- États-Unis - Gouvernement. n.d. « Electronic Code of Federal Regulations', Title 27 'Alcohol, Tobacco Products and Firearms', Part 478 'Commerce in Firearms and Ammunition,' Subpart 11 'Meaning of terms' ». Page consultée le 31 juillet 2014.

- Gomez, Thomas. 2014. « 80% AR-15 Lower Receiver Determination Letter from the ATF ». *Thefirearmblog.com*. 26 mars.
- Groover, Mikell. 2010. *Fundamentals of Modern Manufacturing*. 4^e édition. John Wiley & Sons.
- Jacobs, Thierry. 2013. *Recent Developments in Military SALW Manufacturing, Technology and Design: Practical Steps to Ensure the Effectiveness of the Marking and Record-keeping*. Document de travail non publié. New York : Consultations techniques, Bureau des affaires de désarmement des Nations Unies.
- Johnson, Steve. 2014. « PSA: PlumCrazy Polymer Lowers ILLEGAL Says Letter from BATFE ». 30 mars.
- Leghorn, Nick. 2014. « Gun Review: ATI Omni Hybrid Polymer AR-15 ». *Thetruthaboutguns.com*. 24 avril. Page consultée le 31 juillet 2014.
- McCrum, N., C. Buckley, et C. Bucknall. 1997. *Principles of Polymer Engineering*. Oxford : Oxford University Press.
- Mécanisme de coordination de l'action concernant les armes légères des Nations Unies (UN CASA). 2012. « Normes internationales sur le contrôle des armes légères – Module 05.30 – Marquage et conservation des informations ». Version 1.0 – 27 août. Numéro de référence : ISACS 05.30:2012(E)V1.0.
- Painter, Paul et Michael Coleman. 1997. *Fundamentals of Polymer Science: An Introductory Text*. Lancaster : Technomic Publishing Company.
- Penny, Maryse, Tess Hellgren, et Matt Bassford. 2013. « Future Technology Landscapes: Insights, Analysis and Implications for Defence ». Cambridge : RAND.
- Persi Paoli, Giacomo. 2010. *The Method behind the Mark: A Review of Firearm Marking Technologies*. Issue Brief n° 1. Décembre. Genève : Small Arms Survey.
- Rosato, Donald, Marlene Rosato, et Dominic Rosato. 2000. *Concise Encyclopedia of Plastics*. Boston : Kluwer Academic Publishers.
- Sauer, Roland. 2011. « Polyarylamides: From Metal Substitution to Sterilization ». *Kunststoffe International*, n° 2. Document n° PE110683, p. 74-77. Munich : Carl Hanser Verlag. Traduit en anglais.
- Smallman, R. et R. Bishop. 1999. *Modern Physical Metallurgy and Materials Engineering: Science, Process, Applications*. 6^e édition. Oxford : Butterworth-Heinemann.
- Tacticalmachining.com. n.d. « 80% Lower Receiver Information ». Page consultée le 13 novembre 2014.

II. Des armes aux systèmes d'armement : les implications de la conception modulaire pour le marquage, la conservation des données et le traçage

Giacomo Persi Paoli

Introduction

Au début des années 2000, certains utilisateurs ont exprimé le besoin de disposer d'un type de fusil militaire plus souple, qui pourrait être facilement reconfiguré pour accomplir des tâches opérationnelles différentes et pour accueillir toute une série d'accessoires sophistiqués. Les fabricants ont donc développé des fusils d'infanterie dits modulaires. Le concept de modularité est, en lui-même, relativement simple : chaque fusil est composé d'une section centrale (la partie inférieure ou la partie supérieure de la boîte de culasse), à laquelle l'utilisateur peut raccorder des pièces interchangeables pour obtenir les différentes configurations dont il peut avoir besoin (Persi Paoli, 2013, p. 2).

La conception modulaire a progressé depuis le milieu des années 2000, mais la communauté internationale n'a, pour l'instant, accordé que peu d'attention aux implications de cette évolution pour la maîtrise des armements. Les armes modulaires sont, par exemple, composées d'une section centrale et d'un ensemble de pièces et composants interchangeable, mais les dispositions de l'Instrument international de traçage (ITI)¹ portent principalement sur les armes légères et de petit calibre entières. Le Protocole de l'ONU sur les armes à feu², quant à lui, mentionne les « pièces et composants », mais il est essentiellement axé – pour ce qui concerne les dispositions relatives au marquage, par exemple (AGNU, 2011, art. 8) – sur les armes à feu entières.

Le fait qu'il n'existe pas de dispositions portant spécifiquement sur les pièces et composants n'a que peu de conséquences pour les armes à feu standard, mais il en est autrement des armes modulaires. Cette lacune a été reconnue par le Secrétaire général de l'ONU dans son rapport de 2014 sur

l'évolution récente de la conception des armes légères et de petit calibre et de la technologie employée dans leur fabrication et sur les conséquences de celle-ci pour l'application de l'ITI (AGNU, 2014a).

Ce chapitre vise à donner aux États membres de l'ONU les informations nécessaires à leurs discussions sur le marquage, la conservation des données et le traçage. Il synthétise notamment les éléments clés relatifs aux armes légères de conception modulaire et souligne les problèmes que celles-ci posent dans le cadre de la mise en œuvre de l'ITI et du Protocole sur les armes à feu.

Comprendre le concept de modularité

Distinguer les pièces des accessoires

Appliqué aux armes légères, le concept de modularité est relativement complexe. En dehors de la petite communauté des expert-e-s en armes à feu, on associe fréquemment, et à tort, le terme d'« arme modulaire » avec l'image d'un fusil équipé d'une multitude d'accessoires qui le rendent plus performant ou altèrent son apparence³. Dans les faits, les armes modulaires n'ont rien à voir avec cette image. Pour bien comprendre la différence, il est en premier lieu nécessaire d'opérer une distinction claire entre « accessoires » et « pièces » (ou « éléments »).

Aux fins de ce chapitre, on définira **un accessoire** comme « un article qui se fixe physiquement à l'arme et améliore son efficacité ou son utilité, mais qui n'est généralement pas essentiel à son utilisation de base telle qu'elle a été prévue » (Grzybowski, Marsh et Schroeder, 2012, p. 245, traduction proposée par le Small Arms Survey).

Selon le Protocole sur les armes à feu, les pièces, regroupées avec les éléments, sont définies comme suit :

« l'expression "pièces et éléments" désigne tout élément ou élément de remplacement spécifiquement conçu pour une arme à feu et indispensable à son fonctionnement, notamment le canon, la carcasse ou la boîte de culasse, la glissière ou le barillet, la culasse mobile ou le bloc de culasse, ainsi que tout dispositif conçu ou adapté pour atténuer le bruit causé par un tir d'arme à feu » (AGNU, 2001, art. 3).

Une définition de la modularité

Partant de cette distinction, on peut donner la définition suivante d'une arme modulaire : une arme dont la section centrale (généralement la boîte de culasse, ou sa partie supérieure ou inférieure pour les armes dotées d'une boîte de culasse scindée en deux parties) sert de point d'ancrage à tous les composants et pièces essentiels que l'utilisateur peut directement substituer l'un à l'autre pour obtenir les différentes configurations souhaitées (Persi Paoli, 2012).

L'utilisateur peut changer des pièces et composants clés, comme le canon ou la crosse, pour permettre à l'arme de remplir des fonctions diverses adaptées aux scénarios opérationnels auxquels il est confronté (l'arme peut, par exemple prendre une forme optimale pour le combat rapproché ou pour le tir de précision). Il peut aussi en modifier le calibre.

Les armes concernées peuvent relever de deux approches différentes de la modularité selon que l'on peut changer le calibre de l'arme ou non. Les armes « totalement modulaires » peuvent tirer des munitions de plusieurs calibres après changement des pièces nécessaires. Cette approche multicalibre est donc appelée approche « boîte de culasse commune ou universelle ». L'approche dite « famille », quant à elle, est caractérisée par une modularité partielle : le même modèle d'arme à feu est produit dans différents calibres qui constituent une famille. Pour une arme donnée, le calibre ne peut pas être modifié, mais toutes les autres pièces sont modifiables et interchangeables (Jacobs, 2013).

Les utilisateurs d'armes standard (c'est-à-dire non modulaires) peuvent les équiper de différents accessoires, mais comme les caractéristiques fondamentales des armes restent inchangées, ces ajouts ne posent aucun problème dans le cadre du contrôle des armes. En revanche, les utilisateurs d'armes modulaires peuvent non seulement leur ajouter des accessoires, mais aussi modifier leurs caractéristiques fondamentales (dont le type et le calibre), ce qui pose différents problèmes dans le cadre du marquage des armes, de la conservation des données connexes et de leur traçage (voir la section intitulée « Les implications de la modularité pour le marquage, la conservation des données et le traçage »).

Les origines et le développement de la conception modulaire

Le programme Special Forces Combat Assault Rifle (SCAR)

À la fin des années 1990, le secteur de l'armement a commencé à investir dans un nouveau type de fusil destiné au «soldat du futur». Cette notion, baptisée différemment selon les pays, reposait sur l'idée générale selon laquelle les soldats d'infanterie avaient besoin de nouveaux types d'équipement pour mieux s'adapter à l'évolution constante des environnements opérationnels.

Le programme Special Forces Combat Assault Rifle (SCAR) du Commandement des opérations spéciales des États-Unis (SOCOM), lancé en 2004, constitue un jalon important dans le développement des armes modulaires (SOCOM, 2004). Ce programme a été conçu à partir d'un document préparé par des concepteurs de méthodes de combat⁴ issus des différents sous-commandements du SOCOM – le Joint Operational Requirements Document (JORD) –, dans lequel était décrit un nouveau système d'armement susceptible de répondre à leurs besoins spécifiques (Crane, 2008, p. 8).

L'objectif du programme SCAR était double. À court terme, il visait à remplacer tous les fusils, carabines, fusils d'assaut et fusils de précision en service à cette époque par une famille d'armes dites SCAR composée d'une version «légère» (le SCAR-L, de calibre 5,56 × 45 mm OTAN) et d'une version lourde (le SCAR-H, de calibre 7,62 × 51 mm OTAN), toutes deux capables



Image 1. Le SCAR-H (en haut) et le SCAR-L (en bas).

d'accueillir un module lance-grenade amélioré. À plus long terme, il visait à développer et déployer une plateforme de type boîte de culasse commune : une architecture d'arme modulaire et ouverte qui offrirait notamment une option multicalibre (Crane, 2008, p. 6).

En quoi une arme modulaire diffère-t-elle d'une arme standard : les exigences SCAR

Par comparaison avec les armes standard, les armes modulaires peuvent être déployées dans de multiples scénarios ou environnements de combat au moyen d'une simple reconfiguration de leurs caractéristiques fondamentales. Les spécifications détaillées des fusils SCAR, publiées en janvier 2004 (SOCOM, 2004, annexe 1 et 2), mettent notamment en lumière trois caractéristiques particulièrement pertinentes dans le cadre de ce chapitre :

- **La modularité du canon et du calibre** : la famille d'armes SCAR peut être équipée de canons de trois longueurs différentes selon les impératifs de la mission : le canon standard (prévu pour atteindre des cibles situées à 500 mètres de distance maximale), le canon pour combat rapproché (prévu pour atteindre des cibles situées à 200 mètres de distance maximale) et le canon pour tir de précision (prévu pour atteindre des cibles situées à 800 mètres de distance ou plus). Le changement de canon peut être effectué soit au niveau de l'unité combattante (exigence minimale) soit par l'opérateur lui-même (exigence optimale), idéalement en moins de cinq minutes (exigence optimale), en changeant soit la partie supérieure de la boîte de culasse soit le canon. En outre, le SCAR-H doit être doté d'une architecture ouverte qui permet d'appliquer la modularité au calibre.
- **L'interchangeabilité des pièces** : l'ensemble des pièces des armes du même modèle doivent, en outre, être totalement interchangeables, sans que l'opérateur doive procéder à des ajustements manuels ou mécaniques. Ces changements ne doivent avoir aucun effet négatif sur le fonctionnement, la fiabilité ou la précision de l'arme.
- **Les pièces communes des systèmes SCAR** : les armes de la famille SCAR, légères et lourdes, ont été conçues pour obtenir une ergonomie maximale et un nombre élevé de pièces communes. Le SCAR-L et le SCAR-H sont

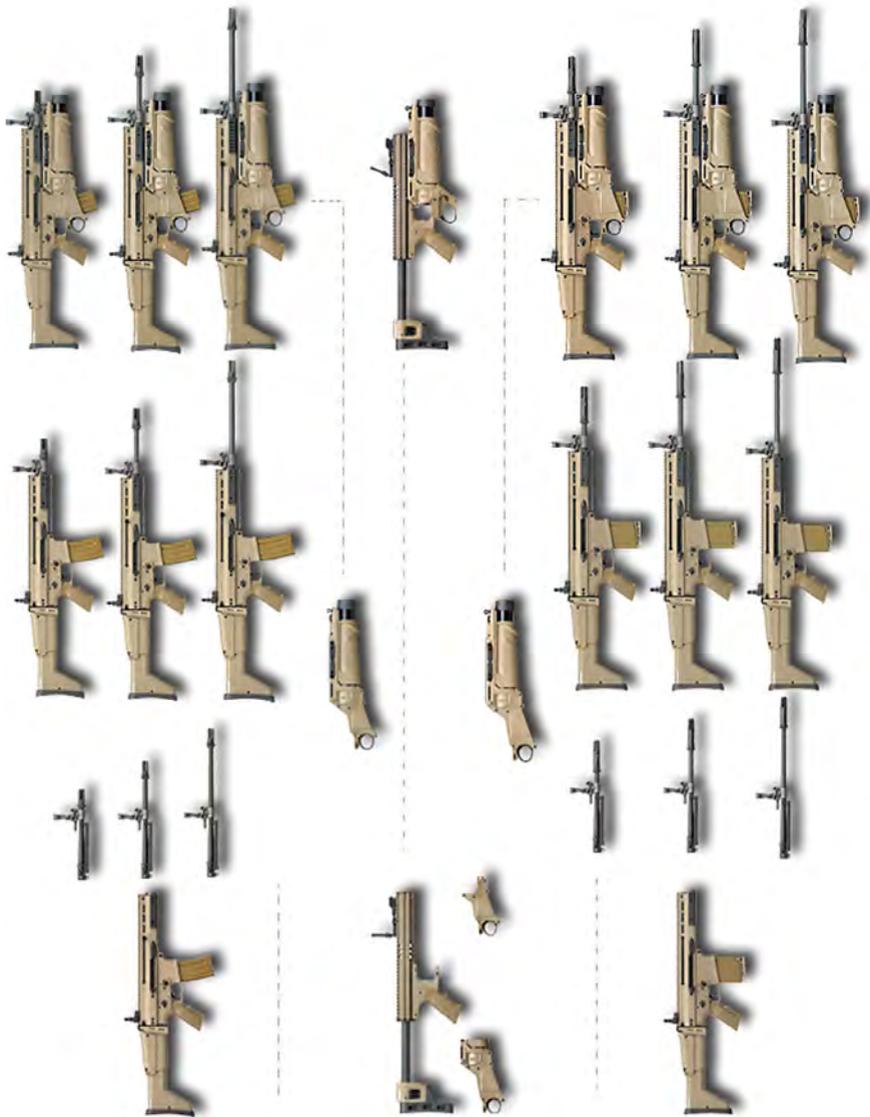


Image 2. L'« approche famille » des FN SCAR. Deux fusils (un léger et un lourd) dont les pièces sont à 82 % communes – 145 des 175 pièces sont interchangeables entre les deux modèles. Les deux parties supérieures de boîte de culasse peuvent être équipées de plusieurs canons et accessoires pour obtenir différentes configurations. La (partie supérieure de la) boîte de culasse de la variante lourde, le SCAR-H (à droite), permet la conversion du calibre 7,62 x 51 au calibre 5.56 x 45 par substitution d'un petit nombre de pièces.

© FNHUSA.com

en fait la même arme à l'exception de leur taille et de leur calibre. Le taux de pièces communes entre les deux armes est de 82 % : 145 des 175 composants sont interchangeables entre les modèles (Jane's Infantry Weapons, 2014, p. 6).

Grâce à ces trois caractéristiques, il est possible de compléter la définition générale donnée précédemment (voir la section intitulée « Une définition de la modularité »). Une arme modulaire serait donc une arme qui permet à son opérateur de choisir la configuration optimale dans n'importe quel contexte opérationnel (en modifiant le canon et le calibre) et d'échanger aisément les pièces et composants entre armes du même modèle quand cela s'avère nécessaire, grâce à l'interchangeabilité des pièces et composants communs.

Au-delà des fusils SCAR : des approches différentes de la modularité

Le trait le plus caractéristique des armes totalement modulaires est leur capacité à tirer des munitions de calibres différents. La modularité de calibre peut être obtenue par différentes approches, chacune ayant ses forces et ses faiblesses. Les trois modèles suivants les illustrent : le SCAR de FN Herstal, l'ARX-160A3 de Beretta et le CM901 de Colt.

Dans la conception d'une arme totalement modulaire, la première décision à prendre est celle relative au calibre. Les différents calibres sont plus ou moins adaptés aux environnements opérationnels envisageables. Par exemple, le calibre 5,56 mm est mieux adapté aux combats à moyenne distance, alors que le calibre 7,62 mm permet de viser des cibles à plus grande distance. Les calibres disponibles sont de plus en plus nombreux, mais quelques-uns d'entre eux sont, en général, considérés comme indispensables pour des fusils militaires : les calibres 5,56 × 45 mm et 7,62 × 51 mm OTAN et les calibres 5,45 × 39 mm et 7,62 × 39 mm de l'ex-Pacte de Varsovie. On peut ajouter à cette sélection le calibre 6,8 × 43 mm SPC (Special Purpose Cartridge) conçu par Remington en collaboration avec l'armée américaine dans le but d'équiper cette dernière avec des munitions plus mortelles à longue distance que l'actuel calibre 5,56 × 45 mm OTAN (Globalsecurity.org, 2014), mais compatible avec des fusils de calibre 5,56 mm.

Les fabricants ont choisi différentes combinaisons de calibres pour leurs armes modulaires :

- Le FN SCAR : la version « lourde » du FN SCAR, le SCAR-H, est une variante de la plateforme SCAR optimisée pour des munitions de calibre 7,62 × 51 mm OTAN. Les utilisateurs peuvent convertir leur arme au calibre 5,56 × 45 OTAN grâce à un kit de conversion. Selon certaines sources, cette arme peut aussi tolérer des magasins standard pour AK/AKM contenant des cartouches soviétiques de calibre 7,62 × 39 mm (Military-today.com, n.d.).
- Le Beretta ARX-160A3 : le calibre originel du Beretta ARX-160A3 est le 5,56 × 45 mm OTAN. Au moyen de kits complémentaires, cette arme peut aussi tirer des munitions de calibre Remington 6,8 × 43 mm SPC et 7,62 × 39 mm, chambrée à partir de magasins de type AK/AKM (Tendas, 2013). Il convient de noter que, dans ce cas précis, Beretta n'a pas choisi le calibre 7,62 × 51 mm OTAN. Pour ces munitions, l'entreprise travaille actuellement à la conception d'une nouvelle version de l'ARX, l'ARX 200, qui tirera en standard des munitions de calibre 7,62 × 51 mm OTAN et pourra être convertie au calibre 7,62 × 39 mm (Johnson, 2012).
- Le Colt CM901 : le fusil militaire modulaire Colt CM901 peut tirer les deux calibres de l'OTAN, le 5,56 × 45 mm et le 7,62 × 51 mm (Colt.com, n.d.). À l'occasion de l'Eurosatory, le salon international de l'armement terrestre et aérien qui s'est tenu à Paris en 2014, Colt Canada a présenté une nouvelle variante du système d'armement Colt baptisé CK901. Cette version est chambrée pour des munitions de calibre 7,62 × 39 mm M43. À la fin de l'année 2014, il n'était pas encore possible de confirmer que le CK901 pourrait bien être converti pour tirer des cartouches de calibre 5,45 × 39 mm (All4shooters.com, 2014).



Image 3. **Pour la version « lourde » de l'ARX-160A3, Beretta a choisi le calibre 7,62 × 39 mm plutôt que le 7,62 × 51 mm OTAN. Pour celui-ci, l'entreprise travaille actuellement à la conception d'une nouvelle variante baptisée ARX 200.**

© Steve Johnson, thefirearmblog.com



Image 4. La conversion du calibre 7,62 × 51 au 5,56 × 45 est effectuée grâce à l'installation rapide d'un adaptateur de magasin.

© Wikipedia

Outre les calibres, les armes modulaires se distinguent également les unes des autres par les modalités de conversion d'un calibre à l'autre. Tous les modèles d'armes modulaires sont dotés d'une partie centrale composée d'un corps et d'une boîte de culasse scindée en deux parties – la partie inférieure et la partie supérieure. La modularité du calibre est obtenue en fixant l'une des deux parties de la boîte de culasse et en changeant l'autre. Dans le cas des trois exemples mentionnés précédemment, les approches choisies sont les suivantes :

- Le FN SCAR : le FN SCAR-H peut être converti pour tirer des munitions de calibre 5,56 × 45 mm grâce à la substitution de la partie inférieure de la boîte de culasse. La partie supérieure est donc considérée comme la « boîte de culasse commune ».
- Le Beretta ARX-160A3 : par substitution du magasin et du canon, le Beretta ARX-160A3 peut tirer, outre des munitions de son calibre d'origine – le



Image 5. Un SCAR-L partiellement démonté.

© weaponsman.com



Image 6. Le Beretta ARX-160A3 a été conçu selon l'approche fondée sur la partie supérieure de boîte de culasse commune, ce qui lui permet de tirer des munitions de calibre 5,56 × 45 mm et 6,8 × 43 mm avec l'une de ses parties inférieures de boîte de culasse et de calibre 7,62 × 39 mm avec l'autre.

© Pierangelo Tendas, all4shooters.com

5,56 × 45 mm –, des cartouches de calibre 6,8 × 43 mm SPC. Comme pour le SCAR-H, la partie inférieure de la boîte de culasse peut aussi être changée, en même temps que le magasin et le canon, pour permettre à l'arme de chamberer et de tirer des munitions de calibre 7,62 × 39 mm M43.

- Le Colt CM901 : cette arme a été conçue selon une autre approche de la modularité. La pièce interchangeable est une « partie supérieure de boîte de culasse monolithique en un bloc » disponible en deux versions : l'une permet de tirer des munitions de calibre 7,62 × 51 mm et l'autre des munitions de calibre 5,56 × 45 mm. Ces deux pièces peuvent être fixées l'une à la place de l'autre sur une partie inférieure universelle de boîte de culasse. Dans ce cas, la boîte de culasse « commune » est la partie inférieure.



Image 7. Le CM901 est un exemple de conception selon l'approche multicalibre. Il est doté d'une partie inférieure universelle de boîte de culasse sur laquelle vient se fixer l'un ou l'autre des groupes monolithiques de partie supérieure. La photographie montre un CM901 monté avec une partie supérieure de boîte de culasse de calibre 7,62 × 51 mm et un canon de 16 pouces (40,6 cm) et, au-dessus, une autre partie supérieure, de calibre 5,56 × 45 mm, elle aussi fixée à un canon de 16 pouces et prête à être installée.

© David Crane, defensereview.com

Outre le nombre de pièces à changer, les avantages et inconvénients de ces approches dépendent de différents facteurs, dont la taille, le poids et le prix du kit de conversion et de différentes considérations tactiques et opérationnelles. En règle générale, le nombre de pièces à changer reste le critère fondamental. Moins les pièces à changer seront nombreuses, plus la reconfiguration sera rapide à effectuer et moins les utilisateurs courront le risque de détériorer accidentellement l'arme elle-même.

L'approche fondée sur la partie supérieure commune de boîte de culasse, par exemple utilisée pour le FN SCAR, permet de changer facilement le canon; l'utilisateur peut changer le seul canon sans changer le calibre. Les parties supérieures de boîte de culasses sont généralement en aluminium alors que les parties inférieures peuvent être fabriquées à partir de polymères industriels renforcés, ce qui allège le poids et, potentiellement, le prix du kit de conversion correspondant⁵. Cette méthode présente toutefois des inconvénients, qui résultent du fait que les canons et calibres sont normalement optimisés pour viser des cibles situées à des distances et dans des environnements variables. Pour maximiser la précision et minimiser le risque de tuer ou de blesser involontairement des personnes autres que celles qui sont ciblées (par exemple des civils ou des membres de forces alliées présents à proximité de la ou des cibles), l'utilisateur doit ajuster la visée (la «mettre à zéro») en fonction du calibre et du type de canon. Comme la visée est souvent montée sur la partie supérieure de la boîte de culasse, l'utilisateur est donc contraint de la réajuster après chaque conversion. Cette opération demande un temps précieux qu'il ne sera pas toujours possible de lui consacrer, selon les circonstances.

L'approche alternative, par exemple utilisée par Colt pour son CM901, est celle qui est fondée sur la partie inférieure commune de boîte de culasse. Dans ce cas, le canon et la partie supérieure de la boîte de culasse forment un groupe monolithique disponible en calibre 5,56 mm et 7,62 mm. Pour convertir l'arme, l'utilisateur remplace le groupe entier avec toutes les visées ajustées en fonction de la longueur du canon et du calibre. Cet aspect constitue le principal avantage de l'approche fondée sur la partie inférieure commune. Ces armes donnent la possibilité à l'utilisateur de tirer immédiatement après avoir changé la pièce (en anglais, «swap and fire»), mais il devra transporter des pièces interchangeables qui sont physiquement plus grosses – et souvent plus lourdes –, et potentiellement plus onéreuses.



Image 8. Les armes modulaires peuvent être reconfigurées selon diverses combinaisons de calibre et de longueur de canon. Dans le cas du CM901, toutes ces combinaisons sont obtenues en fixant d'autres parties supérieures de boîte de culasse sur la partie inférieure universelle. Chaque bloc de partie supérieure peut être équipé de sa propre visée, montée, mise à zéro et prête à être installée.

© Spartanat.com

Dans la pratique, le degré d'utilisation du potentiel des armes modulaires dépend de différents facteurs, dont la conception de nouveaux types de munitions – par exemple, des munitions avec un étui en polymère ou sans étui – et de magasins plus légers, tout ceci dans le but d'alléger la charge que représentent les munitions que transportent les soldats. Le poids est un facteur critique : si un soldat est équipé d'une arme qui tire trois calibres différents, il devra nécessairement porter simultanément les magasins et munitions pour tous les calibres. Habituellement, la sélection des calibres est effectuée avant le début de la mission, et chaque opérateur prépare son armement en fonction des objectifs qui lui ont été assignés. En fonction du type et de la durée de la mission, l'opérateur en question pourra choisir un calibre principal à la fois pour l'arme et pour l'«équipement de première et deuxième ligne» (prêt à l'utilisation), et conserver le kit de conversion en «troisième ligne» (par exemple, dans son sac à dos)⁶.

Conception modulaire *versus* conception classique : une analyse des coûts

Les différences entre armes modulaires et armes standard sont d'ordre technique, mais elles ont également une dimension économique. On estime qu'une

arme modulaire coûte jusqu'à 30 % de plus qu'une arme standard du même type et du même calibre⁷, mais cet écart n'est pas le seul à prendre en considération. Par exemple, un contingent de 1 000 soldats équipés de fusils de calibre 5,56 × 45 mm, 7,62 × 51 mm, et 7,62 × 39 mm devra avoir à sa disposition 1 000 fusils de chacun des calibres, soit 3 000 armes au total, ainsi que les pièces de rechange nécessaires. Mais il pourrait aussi disposer de 1 000 fusils modulaires, chacun associé à deux kits de conversion, pour combler les mêmes besoins. Les armes modulaires coûtent plus cher que les modèles standard, mais elles permettent de réaliser des économies considérables à cette échelle. Le programme SCAR a, par exemple, été conçu pour remplacer cinq fusils différents par, d'abord, deux fusils modulaires de calibres différents et, ensuite, par une seule arme qui, sur la base d'une boîte de culasse commune, peut adopter cinq configurations qui diffèrent par leur calibre et leur canon (Crane, 2008).

Toutefois, les armes modulaires n'ont, pour le moment, pas remplacé l'ensemble des armes standard, et ce pour des raisons politiques et économiques complexes. En premier lieu, les producteurs d'armes modulaires sont peu nombreux à l'échelle mondiale, et les gouvernements préfèrent souvent, pour des raisons politiques, privilégier leur industrie nationale de défense. En second lieu, les modèles (relativement) récents d'armes modulaires se heurtent au conservatisme ambiant et aux doutes qui subsistent à propos de leur fiabilité. En effet, ces modèles ont, logiquement, eu moins d'occasions de faire leurs preuves sur le terrain que les modèles standard, lesquels ont déjà été utilisés dans de nombreux environnements et conditions climatiques. Étant donné la nature conservatrice du marché des armes légères militaires, le fait que les armes modulaires soient relativement récentes peut avoir une influence négative sur les décisions d'achat.

En troisième lieu, l'approvisionnement en armes dépend de la durée de vie des fusils actuellement en service. Les gouvernements sont soumis à des contraintes budgétaires, et ils pourraient n'envisager de remplacer une arme qu'au moment où elle approchera de la fin de son cycle de vie. Cette décision dépend donc de l'âge de l'arme, de son degré d'utilisation et de la disponibilité des pièces de rechange. En reprenant l'exemple des trois types de fusils standard évoqué plus haut, on pourrait affirmer, sans ambiguïté, qu'il serait économiquement et opérationnellement intéressant de les remplacer par un

seul type de fusil modulaire s'ils arrivaient tous à la fin de leur cycle de vie au même moment.

Mais, dans la pratique, la plupart des gouvernements tentent de réduire leur investissement initial en remplaçant progressivement chaque type d'armes ; cette stratégie est indéniablement défavorable aux armes modulaires qui sont plus chères à l'unité. Toutefois, tous les producteurs d'armes modulaires proposent à leurs clients de commander leurs kits de conversion *a posteriori*. Les gouvernements qui sont prêts à faire un investissement initial plus important feront donc des économies à terme, puisqu'ils pourront se dispenser de remplacer les autres fusils standard qui arriveront à la fin de leur cycle de vie. Au lieu de les remplacer, ils devront simplement commander des kits de conversion adaptés aux armes modulaires déjà en service.

L'avantage concurrentiel des armes modulaires sur le marché des armes militaires deviendra plus évident quand les programmes de remplacement actuellement en cours seront terminés, notamment le programme de remplacement du FAMAS en France (Wilk, 2014), celui de l'INSAS en Inde (Thefirearmblog.com, 2014) et celui du Steyr AUG en Nouvelle-Zélande (Tomkins, 2014). À compter du mois de novembre 2014, il semble qu'au moins une arme modulaire figurera dans les programmes de remplacement (Wilk, 2014 ; Thefirearmblog.com, 2014 ; Tomkins, 2014). Les premiers succès que connaîtront les armes modulaires dans ce contexte détermineront leur rôle futur.

En limitant le nombre de modèles d'armes mis à la disposition de leurs forces armées, les gouvernements pourront non seulement faire des économies à l'acquisition (en remplaçant plusieurs armes par une seule), mais aussi réduire leurs coûts pour les trois raisons suivantes. Tout d'abord, les coûts logistiques devraient être considérablement réduits. Chaque système d'armement a ses propres impératifs logistiques, et notamment sa propre chaîne d'approvisionnement en pièces de rechange, ses services (dont la réparation et la maintenance), ses outils et ses manuels. Plus le nombre de modèles en service est important, plus la logistique est lourde, et plus ses coûts sont élevés. En réduisant le nombre total de modèles déployés, les armes modulaires améliorent « l'empreinte logistique » des unités de combat (Crane, 2008, p. 20).

Ensuite, les gouvernements pourraient également réduire les dépenses liées à la formation. En effet, les opérateurs doivent être formés au maniement de

chaque arme pour leur permettre de se familiariser avec elle et de gagner en confiance (ils doivent exercer ce que l'on appelle leur « mémoire musculaire »). Là encore, plus le nombre de modèles en service est important, plus les opérateurs doivent suivre des formations. Les armes modulaires permettent d'optimiser cette formation. Par exemple, l'ergonomie et les ajustements des fusils de la famille SCAR (notamment le calibrage des visées pour les différentes distances), dans leur version légère ou lourde, sont les mêmes, et leur poids et leur dimension sont très similaires. Un opérateur formé à l'utilisation de l'un des fusils est capable d'utiliser les autres. Sachant qu'il est possible d'adapter des canons de trois longueurs différentes et de deux calibres différents, un opérateur formé sur l'une des configurations est en fait formé pour l'équivalent de six armes différentes, voire douze si l'on considère que le lance-grenade peut être adapté sur toutes les configurations (Crane, 2008, p. 6).

Enfin, les gouvernements pourront faire des économies d'échelle s'ils décident d'équiper non seulement des petites unités (comme les forces spéciales), mais aussi une armée ou une police entière. Le stock d'armes entier d'une armée représente des dizaines, des centaines, voire des milliers d'armes de différents modèles fabriqués par différents producteurs ; celles-ci pourraient être remplacées par un nombre bien inférieur d'armes d'un même modèle reconfigurable selon les besoins.

Ces trois sources potentielles d'économies sont valables pour toutes les approches de la modularité : l'approche famille, l'approche partie supérieure de boîte de culasse commune ou l'approche partie inférieure de boîte de culasse commune. Mais les coûts seront moindres dans le cas des deux approches « boîte de culasse » dans la mesure où une seule arme peut être déployée dans différents calibres et configurations.

Les implications de la modularité pour le marquage, la conservation des données et le traçage

Les caractéristiques attrayantes des armes modulaires – la modularité du calibre et du canon, l'interchangeabilité des pièces et la proportion de pièces communes – sont précisément celles qui occasionnent des perturbations dans le cadre du marquage des armes, de la conservation des données connexes et

de leur traçage. Le concept de modularité s'est progressivement enraciné durant la décennie qui vient de s'écouler, mais ses implications pour le contrôle des armes n'ont pas été suffisamment prises en considération. Pour prendre la mesure des problèmes qui vont se poser, il est nécessaire d'oublier la notion traditionnelle de fusil pour en adopter une autre, plus complexe : celle d'un système d'armement composé de différents éléments et pièces qui peuvent être combinés de diverses manières pour obtenir la configuration désirée.

Les problèmes relatifs au marquage

Les dispositions de l'ITI et du Protocole sur les armes à feu relatives au marquage ne constituent pas une solution aux problèmes posés par la modularité.

L'emplacement des marquages

Le Protocole sur les armes à feu exige des États parties qu'ils apposent un marquage sur «chaque arme à feu», mais il ne précise ni les pièces ni les composants qui doivent être marqués (AGNU, 2001, art. 8). L'ITI est plus précis à ce propos, puisqu'il recommande aux États membres de l'ONU d'apposer le marquage sur «un élément essentiel ou structurel de l'arme dont la destruction rendrait l'arme définitivement inutilisable et incapable d'être remise en état, tel que la carcasse et/ou la boîte de culasse» (AGNU, 2005, par. 10).

Avant même l'invention des armes modulaires, cette notion d'«élément essentiel ou structurel» donnait lieu à des interprétations et à des pratiques diverses. Dans le cas des armes modulaires, il faut impérativement identifier un «composant de contrôle» qui doit être marqué pour qu'il ne puisse y avoir ni confusion ni mauvaise interprétation à propos des marquages apposés sur l'arme.

Logiquement, ce composant de contrôle devrait être soit la partie supérieure, soit la partie inférieure de la boîte de culasse – en fonction de l'approche de la modularité adoptée par le fabricant –, étant donné que toutes les autres pièces sont interchangeables.

La duplication des marquages

L'ITI, notamment, encourage les fabricants à apposer des marquages sur plusieurs des pièces des armes à feu :

Les États sont encouragés, lorsque cela est approprié pour le type d'arme, à appliquer également le marquage prescrit à l'alinéa a) du paragraphe 8 ci-dessus ou d'autres marquages sur d'autres parties de l'arme telles que le canon, la glissière ou le barillet, afin d'aider à identifier avec précision ces parties ou une arme donnée (AGNU, 2005, par. 10).

Étant donné le taux élevé d'interchangeabilité des pièces et la forte proportion de pièces communes qui caractérisent les armes modulaires, les marquages apposés sur des pièces autres que le « composant de contrôle » pourraient provoquer des confusions ou des erreurs dans l'identification des armes. Par exemple, si l'on appose le numéro de série sur la partie inférieure et sur la partie supérieure de la boîte de culasse, ainsi que sur le canon, une arme modulaire pourrait porter trois numéros de série après changement de la partie inférieure et du canon — un numéro de série différent sur chacune de ces trois pièces.

Le contenu des marquages

L'ITI détaille le contenu des marquages à apposer sur chaque arme légère et de petit calibre au moment de la fabrication. Les informations que l'on doit obligatoirement pouvoir identifier grâce aux marquages sont, dans la plupart des pays, le nom du fabricant, le pays de fabrication et le numéro de série. L'ITI encourage également les États à inclure des informations complémentaires, dont le type, le modèle et le calibre de l'arme (AGNU, 2005, par. 8(a)). Ces recommandations visent avant tout à encourager les fabricants à fournir, par l'intermédiaire des marquages, suffisamment d'informations pour permettre l'identification unique d'une arme. Mais, dans le cas des armes modulaires, cet objectif pourrait devenir caduc, du moins sous sa forme habituelle, puisque les opérateurs de ces armes sont en mesure de reconfigurer leur arme pour leur donner un « type » ou un calibre différent. Pour ce type d'arme, les marquages devraient donc soit comprendre l'ensemble des types et calibres attribuables à l'arme, soit mentionner seulement le numéro de série ou le modèle. Toutes les autres méthodes pourraient donner lieu à des interprétations erronées.

Les problèmes relatifs à la conservation des données

Tous les problèmes de marquage sont associés à des problèmes de conservation des données. L'ITI ne précise pas les modalités de conservation des données

relatives aux pièces et composants des armes ; il fait plus généralement référence à « toutes les armes légères et de petit calibre marquées » (AGNU, 2005, par. 8(a)). Le Protocole sur les armes à feu est plus exhaustif à ce propos, puisque sa disposition sur la conservation des données fait référence aux « informations sur les armes à feu et, lorsqu'il y a lieu et si possible, sur leurs pièces, éléments et munitions » (AGNU, 2001, art. 7).

Le recours de plus en plus important aux armes modulaires a deux conséquences importantes sur la conservation des données.

La création de l'enregistrement

Les armes modulaires posent un premier problème dès la création de leur premier enregistrement. Il est notamment nécessaire d'identifier un composant de « référence » – aussi appelé « composant de contrôle » – sur lequel on apposera les marquages correspondant à l'ensemble des données qui caractériseront l'arme, indépendamment des reconfigurations qu'elle subira. Comme indiqué précédemment, le composant central d'une arme modulaire est, comme pour une arme standard, soit la partie inférieure de la boîte de culasse, soit sa partie supérieure en fonction de l'approche de la modularité choisie. Dans la mesure où tous les autres composants d'une arme modulaire sont interchangeables, seuls les marquages figurant sur la pièce qui reste inchangée doivent être utilisés pour enregistrer l'arme.

La prise en considération des configurations

Par ailleurs, il est nécessaire de déterminer les modalités de prise en considération des différentes configurations des armes modulaires. On peut par exemple se poser les questions suivantes. Comment refléter les différentes combinaisons de calibre et de longueur de canon dans les données conservées ? Chaque configuration doit-elle être enregistrée séparément ? Ou, pour être plus pragmatique, devrait-on simplement procéder à un seul enregistrement lié au numéro de série apposé sur la partie fixe de la boîte de culasse (inférieure ou supérieure, selon le cas), éventuellement complété par une liste des configurations possibles de l'arme ? Étant donné le degré d'interchangeabilité des pièces et la proportion de pièces communes qui caractérisent les armes modulaires, il n'est pas possible d'établir un lien permanent entre une boîte de culasse et

un ensemble spécifique de pièces et composants, ce qui influence la traçabilité de ces armes (voir la section suivante).

Les problèmes relatifs à l'efficacité du traçage

Le marquage et la conservation des données connexes sont des conditions indispensables à la bonne traçabilité des armes. Mais, pour les armes modulaires, la distinction entre l'arme elle-même et ses composants n'est pas aussi claire que pour les armes standard. De ce fait, elles compromettent l'efficacité des procédures de traçage, et notamment l'étape d'identification de l'arme. L'identification d'une arme est, en effet, une condition nécessaire, mais insuffisante, à son traçage. Dans le cas des armes modulaires, la première question qui se pose est celle des marquages à prendre en compte (et donc du composant de référence) quand l'arme porte plusieurs numéros de série (ou plusieurs autres marquages contradictoires). L'identification du composant de contrôle est donc fondamentale pour le traçage des armes modulaires. En outre, le caractère indéfini du type et du calibre des armes modulaires complique le processus de traçage. Les marquages apposés sur la boîte de culasse sont parfois très généraux et n'indiquent ni le type ni le calibre de l'arme ; mais ils peuvent aussi les indiquer sans que les informations correspondent à la configuration de l'arme au moment où elle est récupérée.

Conclusion

Si l'on observe les avancées récentes de l'industrie de l'armement et l'évolution des programmes nationaux de renouvellement de l'armement (voir Wilk, 2014 ; Thefirearmblog.com, 2014 ; Tomkins, 2014), on peut légitimement penser que les armes modulaires, quelle que soit l'approche choisie pour leur conférer une nature multicalibre, vont occuper une place plus importante dans les stocks nationaux. Les modèles modulaires posent de nombreux problèmes dans le cadre du contrôle des armes, notamment pour les processus de marquage, de conservation des données et de traçage.

Pour trouver des solutions à ces problèmes, il sera nécessaire de réviser ou de modifier les instruments internationaux applicables pour qu'ils :

- définissent un composant de contrôle – normalement, la carcasse ou la boîte de culasse – pour toutes les armes à feu, qu’elles soient standard ou modulaires, aux fins du marquage, de la conservation des données et du traçage. Pour les armes modulaires dotées d’une boîte de culasse en deux parties, le composant de contrôle devrait être la partie – inférieure ou supérieure – qui reste inchangée, quelle que soit la configuration ;
- déterminent les informations que les marquages apposés sur le composant de contrôle et sur d’autres composants doivent indiquer, de façon à éviter toute duplication du numéro de série et à minimiser les risques d’incohérence entre les marquages des armes modulaires et leur configuration à un moment donné ;
- reconnaissent la différence intrinsèque entre les armes à feu standard et leurs homologues modulaires, et encouragent l’optimisation des pratiques de conservation des données en passant d’une « logique arme à feu » à une « logique composant » (les instruments pourraient inclure des instructions relatives à l’enregistrement des armes modulaires dans les registres nationaux) ; et
- émettent des recommandations relatives à l’identification unique à des fins de traçage, notamment pour les armes modulaires.

Les États membres de l’ONU vont avoir une bonne occasion de prendre ces questions en considération lors de la réunion d’experts gouvernementaux à composition non limitée qui se tiendra en 2015 (voir AGNU, 2014b, par. 40). 

Notes

- 1 Nom complet : Instrument international visant à permettre aux États de procéder à l’identification et au traçage rapides et fiables des armes légères et de petit calibre illicites (« Instrument international de traçage »). Voir AGNU (2005).
- 2 Nom complet : Protocole contre la fabrication et le trafic illicites d’armes à feu, de leurs pièces, éléments et munitions, additionnel à la Convention des Nations unies contre la criminalité transnationale organisée. Voir AGNU (2001).
- 3 Le concept d’amélioration de la performance des armes par ajout d’un ensemble d’accessoires standardisés a été introduit au début des années 1990 par les États-Unis, notamment avec le programme de kit d’accessoire baptisé Special Operations Peculiar Modification (SOPMOD). Voir Global-security.org (2011).

- 4 Dans son glossaire des achats de défense, la Defense Acquisition University définit cette notion comme suit : « [C]ommandement ou agence qui formule la doctrine, les concepts, l'organisation, les exigences matérielles et les objectifs » (traduction proposée par le Small Arms Survey). Elle peut être utilisée comme un terme générique pour désigner le rôle de la communauté des utilisateurs dans le processus d'acquisition de matériel (Hogan, 2012).
- 5 Le prix des kits de conversion n'est pas public. D'après les discussions de l'auteur avec des membres de forces armées, les kits de conversion pour partie supérieure commune de boîte de culasse seraient moins onéreux que ceux pour partie inférieure commune de boîte de culasse.
- 6 Consultations privées avec des membres de l'armée italienne.
- 7 Consultations privées avec des représentant-e-s du secteur de l'armement.

Références bibliographiques

- AGNU (Assemblée Générale des Nations Unies). 2001. *Protocole contre la fabrication et le trafic illicites d'armes à feu, de leurs pièces, éléments et munitions, additionnel à la Convention des Nations Unies contre la criminalité transnationale organisée*. Résolution 55/255, adoptée le 31 mai. A/RES/55/255 du 8 juin.
- . 2005. *Instrument international visant à permettre aux États de procéder à l'identification et au traçage rapides et fiables des armes légères et de petit calibre illicites* (« Instrument international de traçage »). Adopté le 8 décembre. A/60/88 du 27 juin (annexe).
- . 2014a. *Évolution récente de la conception des armes légères et de petit calibre et de la technologie employée dans leur fabrication et conséquences pour l'application de l'Instrument international visant à permettre aux États de procéder à l'identification et au traçage rapides et fiables des armes légères et de petit calibre illicites. Rapport du Secrétaire général*. A/CONF.192/BMS/2014/1 du 6 mai.
- . 2014b. *Rapport de la cinquième Réunion biennale des États pour l'examen de la mise en œuvre du Programme d'action en vue de prévenir, combattre et éliminer le commerce illicite des armes légères et de petit calibre sous tous ses aspects*. Adopté le 20 juin. A/CONF.192/BMS/2014/2 du 26 juin (annexe).
- All4shooters. 2014. « Colt Defence CK901 ». 3 juillet 2014.
- Colt.com. n.d. « Colt Modular Carbine ». Page consultée le 30 juillet.
- Crane, David. Crane, David. 2008. « SCAR ». *Combat Tactics*. Fall, p. 6-22.
- GlobalSecurity.org. 2011. « Special Operations Peculiar Modification (SOPMOD) Kit ».
- . 2014. « 6.8 × 43 mm Special Purpose Cartridge ». Global Security.
- Grzybowski, Janis, Nicholas Marsh, et Matt Schroeder. 2012. « Pièce par pièce : transferts autorisés de pièces détachées et d'accessoires ». In Small Arms Survey. *Small Arms Survey 2012 : cibles mouvantes*. Cambridge : Cambridge University Press, p. 241-281.
- Hogan, Gary. 2012. « Glossary of Defense Acquisition Acronyms & Terms ». Fort Belvoir, VA : Defense Acquisition University Press. 15^e édition. Décembre.
- Jacobs, Thierry. 2013. *Recent Developments in Military SALW Manufacturing, Technology and Design: Practical Steps to Ensure the Effectiveness of the Marking and Record-keeping*. Background paper non publié. Consultations techniques. Vienne : Bureau des affaires de désarmement des Nations Unies (UNODA).
- Jane's Infantry Weapons. 2014. « FN SCAR Series Rifles ». 2 octobre.

- Persi Paoli, Giacomo. 2012. « When Parts Become Accessories: An Introduction to Modular Weapons ». In Small Arms Survey. *Small Arms Survey 2012 : cibles mouvantes*. Cambridge : Cambridge University Press, p. 246.
- . 2013. *From Forging to 3D-Printing: The Evolution of Firearms Manufacturing and its Implications*. Background paper non publié. Consultations techniques. Vienne : Bureau des affaires de désarmement des Nations Unies (UNODA).
- SOCOM (Commandement des opérations spéciales). 2004. 10—SOF Combat Support Rifle (SCAR). Solicitation No. H92222-04-R-0001. 24 janvier.
- Tendas, Pierangelo. 2013. « Beretta ARX-160 A3 Introduced at DSEi 2013! » All4shooters.com. 11 novembre.
- Thefirearmblog.com. 2014. « Indian Competition to Replace INSAS Begins ». 3 octobre.
- Tomkins, Richard. 2014. « New Zealand to replace military rifles ». *Upi.com*. 18 juin.
- Wilk, Remigiusz. 2014. « France Launches FAMAS Replacement Tender ». *IHS Jane's Defence Weekly*. 22 mai.

III. Armes légères et fabrication additive : une évaluation des armes à feu, composants et accessoires imprimés en 3D

N.R. Jenzen-Jones

Introduction

À mesure que les imprimantes 3D fondées sur le principe de la fabrication additive (FA) se répandent dans le monde entier, les armes à feu, composants et accessoires imprimés en 3D font de même. Les technologies comme la modélisation de dépôt fondu (fused deposition modelling - FDM) et le frittage laser direct de métal (direct metal laser sintering - DMLS) sont utilisées pour fabriquer des armes décrites comme fonctionnelles (McGowan, 2013; Greenberg, 2013a). L'impression 3D présente de nombreux avantages pour le secteur de la fabrication industrielle d'armes à feu, parmi lesquels des économies de matériaux au cours de la production; la rapidité des processus de conception et de prototypage; un haut degré de personnalisation; et une plus grande efficacité du processus de production des produits complexes (Overton, 2013).

Bien sûr, les différents acteurs concernés ont réagi à l'introduction de cette nouvelle technologie. Les forces de l'ordre, les responsables politiques, les fabricants et les utilisateurs ont exprimé, en fonction de leurs propres intérêts, des inquiétudes quant à ses implications. Certains des avantages des processus d'impression en 3D peuvent, en outre, se muer en problèmes pour la conception et l'application des lois nationales et des instruments internationaux. Les gouvernements auront tout intérêt à revoir leur propre législation à la lumière de l'arrivée sur le marché des armes, composants et accessoires imprimés en 3D et, pour ce faire, à bien comprendre les questions techniques et légales connexes.

La plupart des parties prenantes semblent principalement préoccupées par les possibilités que l'impression 3D offre aux individus et aux petits groupes de produire des armes totalement intraquables en dehors de tout contrôle étatique.

En outre, la fabrication additive de composants et d'accessoires pourrait favoriser la conversion d'armes à feu à des fins autres que celles qui avaient été originellement prévues et autorisées.

À ce jour, personne n'a publié d'évaluation technique approfondie de l'application de la FA à la production d'armes légères — ou à la production d'armes à feu, de composants ou d'accessoires spécifiques imprimés en 3D. Dans ce chapitre destiné aux chercheur·e·s, aux responsables politiques et aux autres parties prenantes concernées par ce sujet, l'auteur propose une analyse impartiale de l'état actuel des technologies d'impression en 3D appliquées à la fabrication d'armes à feu, de composants et d'accessoires et une évaluation technique de quelques-uns de ces produits. Il conclut en envisageant l'évolution probable de la fabrication additive dans ce secteur.

Ce chapitre a été rédigé avec l'aide d'experts en armes à feu et en fabrication additive, de concepteurs d'armes et de composants d'armes imprimés en 3D et d'armuriers qualifiés. Il est également fondé sur des entretiens avec des spécialistes et des professionnels du secteur économique concerné, ainsi que sur des comptes-rendus publiés dans les médias grand public et les nouveaux médias.

L'impression des armes à feu en 3D est devenue un sujet hautement politique à différents titres, que nombre de médias et autres observateurs ont traité sur un mode sensationnaliste. Ce chapitre, centré sur les mérites techniques et le produit des processus de fabrication additive appliqués à la production d'armes à feu, doit être considéré comme une contribution impartiale aux discussions en cours sur ce thème.

La fabrication additive aujourd'hui

Le secteur de la fabrication additive

Les technologies d'impression en 3D ont été développées dans les années 1980 dans le cadre de recherches financées par des institutions privées et gouvernementales. Quelques pionniers de ces technologies, parmi lesquels Chuck Hull, l'inventeur de la stéréolithographie (SLA) et du format de fichier connexe (stereolithography file format - STL), ont créé la première entreprise privée du secteur de la FA (3D Systems, Inc., n.d. ; Hickey, 2014). D'autres groupes ont

reçu des subventions publiques, notamment une équipe de recherche de l'université du Texas, dirigée par Carl Deckard et Joe Beaman, les inventeurs du frittage sélectif au laser (selective laser sintering - SLS) (Grosvenor et Lou, 2012).

Pour des raisons à la fois financières et technologiques, l'impression en 3D n'était, jusqu'à récemment, utilisée que pour produire de petits volumes (le plus souvent pour obtenir rapidement des prototypes). En outre, son utilisation se heurtait à une barrière redoutablement efficace formée par des brevets très protecteurs. Mais, depuis cinq ans, le secteur de la FA connaît un essor rapide, porté tant par des amateurs que par des entrepreneurs, dans un contexte où un certain nombre de brevets arrivent à expiration et où le prix des imprimantes 3D d'entrée de gamme décroît rapidement.

D'autres brevets importants devraient arriver à expiration à la fin de l'année 2014, ce qui devrait renforcer la croissance du secteur. Selon Wohlers Associates, un cabinet d'études spécialiste de la FA, le secteur devrait connaître une forte croissance à l'échelle mondiale, et atteindre un chiffre d'affaires de 4 milliards de dollars US en 2015 et 10,8 milliards en 2021. Si la plupart des spécialistes du marché de l'impression 3D misent sur une croissance d'environ 20 % par an, le Crédit Suisse prévoit, quant à lui, 20 et 30 % (Wile, 2013a). Goldman Sachs a mis en avant la « destruction créative » dont l'impression 3D est porteuse, et a prédit qu'elle ferait l'objet d'une plus grande attention dans les années à venir (Wile, 2013b).

Toutefois, nombre de spécialistes se montrent plus critiques et doutent de cette extraordinaire croissance annoncée, parce que le marché de l'impression 3D n'est pas parvenu à maturité en 30 ans, et que les performances des entreprises de FA en bourse sont décevantes. Certains observateurs pensent que l'impression 3D restera probablement cantonnée au prototypage rapide et aux processus avancés de fabrication haut de gamme (BloombergTV ; 2014a ; 2014b). La conception de modèles pour imprimante 3D reste un exercice difficile et, même si les machines d'entrée de gamme sont en mesure d'imprimer des produits de bonne qualité en métal ou en polymères sophistiqués, leur prix reste prohibitif pour les amateurs et les petites entreprises (Baartz, 2014). Les entreprises sont nombreuses, si besoin est, à sous-traiter la conception et la fabrication de produits imprimés en 3D aux plus grandes entreprises de FA.

La fabrication additive dans le secteur des armes à feu

Selon certains témoignages, quelques fabricants d'armes à feu se sont lancés dans l'impression 3D dès le milieu des années 1990 pour produire rapidement leurs prototypes, et ont adopté la SLA et la SLS pour concevoir des prototypes de composants, principalement pour des armes factices dont ils voulaient tester l'ergonomie¹. L'un au moins de ces fabricants faisait appel à l'une des grandes entreprises d'impression en 3D à des fins de sous-traitance. En revanche, Magpul Industries Corporation aurait développé des capacités d'impression en 3D en interne pour concevoir les prototypes de son fusil d'assaut Masada² et de son pistolet-mitrailleur pliable FMG-9³. Nombre de producteurs d'armes à feu continuent d'utiliser l'impression en 3D; ils recourent aux services d'entreprises sous-traitantes comme Solid Concepts LLC, basée dans la ville américaine d'Austin, au Texas. Solid Concepts est le seul sous-traitant de FA à être titulaire d'une licence fédérale (*Federal Firearms License - FFL*), qui les autorise légalement à produire des armes à feu et des silencieux sur le territoire américain (Parkinson, 2013b).

Les armes à feu imprimées en 3D ont capté l'attention des médias en 2013, quand Cody Wilson, le directeur de la société Defense Distributed, a annoncé qu'il travaillait à la conception d'une arme en polymère entièrement imprimable. Au mois de mai de la même année, il a présenté et testé son Liberator, une arme à feu à un coup en polymère (Defense Distributed, 2013a; McGowan, 2013). Defense Distributed a, en outre, affirmé avoir produit une version améliorée de la partie inférieure de la boîte de culasse de l'AR-15, et avoir tiré 600 cartouches de calibre .223 grâce à cette pièce renforcée conçue par Michael Guslik.

Les armes à feu et composants d'arme à feu imprimés en 3D à partir de métal restent toutefois très rares. En novembre 2013, Solid Concepts a lancé son modèle 1911 DMLS (baptisé en référence au procédé de frittage laser direct de métal qui a été utilisé pour fabriquer l'arme), prouvant ainsi qu'il était possible d'utiliser exclusivement l'impression en 3D pour produire une arme à feu en métal fonctionnelle, quoique très onéreuse (McGowan, 2013). Les armes à feu entièrement produites par DMLS ne sont pas encore viables sur le marché, mais ce procédé est utilisé pour produire quelques composants et accessoires, dont le frein de bouche LL 3DX⁴ de Sintercore (Sintercore, n.d.) et la partie supérieure de la boîte de culasse du fusil LOSOK Arms Mk 36 (Soldier Systems, 2014).

L'impression d'armes à feu en 3D par des amateurs

La communauté « open source » – amateurs, producteurs artisanaux et petites entreprises – a rapidement adopté la conception et la fabrication d'armes à feu et de composants en polymère imprimés en 3D, d'autant plus qu'il est considérablement moins onéreux et moins difficile de se procurer des polymères que du métal.

De plus, il est possible, depuis le début des années 2000, d'avoir accès à des fichiers de conception assistée par ordinateur (CAO) qui permettent d'imprimer en 3D différentes armes à feu et différents composants d'arme à feu (Guslik, 2012 ; Snider, 2003). À mesure que les brevets arrivent à expiration et que l'évolution de la technologie fait baisser le prix des imprimantes 3D, on constate que les armes à feu imprimées en 3D par des amateurs sont de plus en plus nombreuses.

L'un des premiers composants ainsi produits était une boîte de culasse d'AR-15 (sa partie supérieure et sa partie inférieure), imprimée en septembre 2011 (M4carbine.net, 2011). Michael Guslik a conçu une arme de poing chamberée pour des munitions de calibre .22LR à partir d'une boîte de culasse d'AR-15 imprimée en 3D ; celle-ci a réussi les tests de tir et a pu être ajustée (Guslik, 2012). Depuis, Guslik a également imprimé en 3D une boîte de culasse de Ruger 10/22 (Guslik, 2013).

La prolifération des armes à feu de qualité « amateur » produites par fabrication additive a attiré l'attention des médias ailleurs qu'aux États-Unis, dans les juridictions qui exercent un contrôle strict sur les armes à feu. Peu de temps après la publication des fichiers CAO du Liberator de Defense Distributed, deux journalistes sont parvenus à en imprimer un exemplaire et à le passer en contrebande dans un train qui circulait entre le Royaume-Uni et la France (Worstell, 2013). Des journalistes israéliens ont déjoué des systèmes de sécurité comptant parmi les plus sophistiqués du pays pour faire entrer, par deux fois, une arme à feu imprimé en 3D dans la Knesset (Haaretz, 2013)⁵. Un ressortissant japonais s'est récemment illustré en devenant la première personne à être interpellée pour avoir imprimé une arme à feu en 3D ; pour sa défense, il a affirmé ne pas avoir eu conscience que cette activité était illégale (Coldewey, 2014).

Les technologies actuelles de fabrication additive

La stéréolithographie (SLA)

La stéréolithographie (SLA), parfois appelée fabrication optique, utilise des lasers à ultraviolets (UV) ou des sources d'énergie similaires pour procéder au durcissement, couche par couche, de résines photoréactives. La SLA est généralement utilisée pour produire des modèles qui nécessitent un haut degré de précision. Les produits issus de cette technologie sont si résistants qu'ils peuvent être usinés et servir de matrice pour le moulage par injection et la fonte de métaux (Savla Associates, n.d.). Toutefois, la SLA est un procédé onéreux puisque le litre de résine coûte souvent plus de 100 dollars US. De plus, si les imprimantes grand public de type SLA sont vendues à un prix approximatif de 2 800 dollars US, les versions industrielles coûtent souvent plusieurs centaines de milliers de dollars (Formlabs, n.d.). Nombre d'entreprises productrices d'armes à feu utilisent des imprimantes de type SLA pour produire des armes et composants factices, parfois depuis le milieu des années 1990. Selon nos sources, plusieurs entreprises du secteur utilisent encore des imprimantes 3D SLA, principalement pour produire rapidement des prototypes⁶.

La modélisation de dépôt fondu (FDM)

La technologie dite modélisation de dépôt fondu – *fused deposition modelling (FDM)* ou *fused filament fabrication (FFF)* en anglais – est la forme d'impression 3D la plus facilement identifiable. Les imprimantes de type FDM construisent des objets en trois dimensions par extrusion, c'est-à-dire par modelage de fins filaments de matériau thermoplastique contraints de traverser une buse chauffée. Elles sont capables de produire des résultats précis, grâce à l'addition de couches dont l'épaisseur oscille entre 75 et 300 microns (Thre3d, n.d.b). Les imprimantes 3D de type FDM sont courantes pour un usage commercial ou grand public, et relativement peu onéreuses. Elles peuvent être alimentées avec une grande variété de mélanges de matériaux thermoplastiques et organiques, dont l'ABS (acrylonitrile butadiène styrène), le PLA (acide polylactique) et le polycarbonate. Les machines grand public coûtent généralement quelques milliers de dollars US (certains modèles valent désormais moins de 1 000 dollars), et les imprimantes les plus sophistiquées coûtent de plusieurs milliers

à plusieurs dizaines de milliers de dollars. Les produits sont généralement cantonnés à des applications légères, mais les imprimantes professionnelles sont capables de modeler des matériaux thermoplastiques sophistiqués qui ont prouvé leurs propriétés ignifuges. Stratasys, l'une des entreprises leaders du marché des imprimantes 3D FDM – principalement pour les machines grand public –, a produit la uPrint SE, l'imprimante sur laquelle Defense Distributed a fabriqué le Liberator (Beckhusen, 2012).

Le frittage laser direct de métal (DMLS), la fusion sélective par laser (SLM) et le frittage sélectif au laser (SLS)

Le frittage laser direct de métal (DMLS), la fusion sélective par laser (SLM) et le frittage sélectif au laser (SLS) sont des procédés industriels grâce auxquels il est possible de produire des modèles extrêmement précis dotés d'excellentes propriétés mécaniques. Dans les trois cas, de la poudre de matériau est déposée en couches d'une épaisseur allant de 20 à 60 microns à l'intérieur d'une chambre hermétiquement scellée, généralement remplie d'un gaz inerte. Les couches sont déposées au moyen d'un puissant laser à fibre optique qui fait fondre la poudre à des endroits bien spécifiques (Thompson, 2013). Comme l'excédent de poudre est habituellement réutilisable, on peut dire que ces procédés additifs entraînent beaucoup moins de gaspillage que les procédés traditionnels (dits, par opposition, soustractifs).

Parmi les alliages et métaux utilisés, on peut citer l'acier inoxydable, l'acier martensitique, le cobalt, le chrome, l'Inconel et le titane mais, en théorie, presque tous les alliages ou métaux purs peuvent être utilisés une fois conçus et validés (Thre3d, n.d.a). De nombreux composants en alliage métallique imprimés en 3D sont dotés de propriétés mécaniques comparables ou supérieures à celles des composants produits selon des techniques traditionnelles (EOS, 2007). Les procédés SML et SLS peuvent aussi être utilisés avec des polymères, dont les plus communs sont les nylons, chargés ou non, et les polymères résistants aux produits chimiques et aux hautes températures, comme le polyétheréthercétone (PEEK) (Solid Concepts Inc., n.d.).

Le prix de l'équipement nécessaire à l'application des procédés DMLS, SLM et SLS est révélateur du fossé technologique qui les sépare de procédés comme le FDM; les imprimantes 3D DMLS coûtent entre 600 000 et 1 million de dollars



Image 1. **Quelques composants (canon et bloc glissière) de pistolet Solid Concepts 1911 DMLS produits par une imprimante 3D DMLS.** © Solid Concepts, Inc.

US. De ce fait, les grands producteurs d'armes à feu ont recours à des entreprises spécialisées dans l'impression 3D qui ont accès à des équipements de type DMLS pour produire des prototypes de composants, mais aussi des composants fonctionnels⁷. Le pistolet 1911 DMLS de Solid Concept a été produit sur une imprimante EOSINT M270 (voir l'image 1), comme nombre de composants que cette entreprise produit pour le compte d'autres fabricants d'armes à feu. Le DMLS, la SLM et le SLS sont des procédés intéressants pour les industries aérospatiale, automobile et médicale, mais elles ne constituent pour l'instant pas des alternatives viables pour la production de la plupart des composants d'arme à feu. L'une des premières contraintes associées à ces technologies est la taille des pièces produites ; les machines sont en effet équipées d'une chambre de fabrication qui ne dépasse pas les 250 × 250 × 320 millimètres (Thompson, 2013).

Les autres technologies

Il existe d'autres procédés de fabrication additive moins répandus, comme l'impression par projection de liant (*binder jet printing - BJP*), la fabrication en

forme libre à faisceau électronique (*electron beam freeform fabrication - EBF*) et la fusion par faisceau d'électrons (*electron beam melting - EBM*). La BJP diffère des autres procédés en ce qu'elle suppose le dépôt, en alternance, de poudre et d'un matériau liquide liant qui forment les couches transversales de l'objet imprimé. L'EBF utilise un faisceau électronique concentré dans un espace vide d'air pour créer un bain de l'alliage désiré en fusion sur un substrat métallique, lequel se solidifie immédiatement après le passage du faisceau. L'EBM ne diffère de la SLM que par l'utilisation d'un faisceau d'électrons à la place du faisceau laser pour fondre la poudre métallique couche par couche dans un espace vide d'air (Smallwood, 2014).

Une évaluation des armes à feu existantes imprimées en 3D

Le Liberator de Defense Distributed

La première arme à feu fonctionnelle imprimée en 3D a été produite au début de l'année 2013. Cette arme de poing baptisée «Liberator» est entièrement composée de plastique – à l'exception de son percuteur en métal, qui est fabriqué à partir d'un clou. Le Liberator est une arme de poing à canon dévissable, de type simple action, à un coup et de calibre .380 Automatic Colt Pistol (ACP) conçue par «HaveBlue», des forums DefCAD (DefCAD, n.d.). Il a été baptisé en référence à une arme similaire datant de la Seconde Guerre mondiale. Il est important de noter que les premières versions du Liberator ne disposaient pas d'un canon rayé, ce qui limitait grandement son degré de précision. Ses versions ultérieures, comme le «Lulz Liberator» ont été équipées d'un canon rayé (Greenberg, 2013c) – même si l'efficacité des rayures en question n'a pas été confirmée⁸. Selon les plans mis à disposition par DefCAD, il est nécessaire d'incorporer un bloc de métal dans la carcasse de l'arme, conformément à la Loi américaine sur les armes à feu indétectables (US Undetectable Firearms Act) de 1988. Mais, dans la pratique, on peut aisément l'omettre au cours de l'assemblage de l'arme. Le premier exemplaire fonctionnel du Liberator, imprimé, fini et testé par Defense Distributed, a attiré l'attention des médias et des agences de maintien de l'ordre du monde entier (Greenberg, 2013d; PJ Media, 2013). Wilson, et d'autres membres des communautés DefCAD et de l'impression 3D

sont parvenus à produire des exemplaires capables de tirer jusqu'à 11 cartouches avant de connaître une défaillance structurelle. Le premier Liberator a été fabriqué avec une imprimante Stratasys uPrint SE FDM, à partir de plastique de type ABS (Greenberg, 2013d).

La police de l'état australien de Nouvelle-Galles du Sud a procédé à des tests et confirmé que cette arme pouvait effectivement tirer des cartouches de calibre .380 ACP et qu'elle était potentiellement mortelle (Police de Nouvelle-Galles du Sud, 2013). Aux États-Unis, le Bureau de l'alcool, du tabac, des armes à feu et des explosifs (ATF) a, au vu de ces résultats, procédé à d'autres tests et montré qu'un exemplaire de cette arme fabriqué à partir d'un matériau autre que l'ABS recommandé pouvait subir des défaillances majeures et blesser ses utilisateurs (ATF, 2013a). Selon les tests de tir effectués par la police de Nouvelle-Galles du Sud, la balle tirée a pénétré un gel balistique à 10 % sur une longueur d'environ 17 centimètres, ce qui indique généralement une létalité marginale. Le pistolet testé a toutefois connu une défaillance majeure au moment du tir, ce qui a pu réduire la vitesse du projectile à la sortie du canon. La viabilité d'un exemplaire de Liberator dépend d'un grand nombre de facteurs, dont les caractéristiques matérielles et logicielles et le calibrage de l'imprimante, le matériau utilisé et les modalités de finition et d'assemblage de l'arme.

Comme pour nombre de projets d'amateurs, la fabrication d'une arme comme celle-ci suppose bien plus de travail que de cliquer sur « Imprimer ». Même dans des conditions optimales, l'utilisateur doit dévisser le canon et



Image 2. **Un pistolet Liberator de Defense Distributed démonté pour montrer ses différentes pièces. On peut voir le percuteur métallique (clou).**

© Michael Thad Carter/Forbes

déloger l'étui de la cartouche tirée avec un bâtonnet avant de recharger (ou utiliser un autre canon préchargé). La fabrication du Liberator, comme celle de la plupart des autres armes de fortune, ne nécessite ni compétences en ingénierie ni machines-outils, mais il faudra disposer de compétences en informatique et d'une bonne compréhension de l'impression 3D. À cette condition, et en travaillant proprement, en collaborant en ligne et en acceptant de commettre des erreurs et de faire plusieurs essais, il est possible de fabriquer une arme à feu mortelle. On sait que certaines personnes tentent actuellement d'améliorer ce modèle, et il ne fait aucun doute que les matériaux progresseront eux aussi (Ferguson, 2014 ; Slowik, 2013).

Le 1911 de Solid Concepts Inc.

À la fin de l'année 2013, l'entreprise Solid Concepts a produit la première arme à feu en métal imprimée en 3D. Cette arme a, elle aussi, capté l'attention des médias (McGowan, 2013). Cette copie quasi parfaite du pistolet Colt 1911 (modèle gouvernemental) a été produite par impression 3D de type DMLS. Plutôt que de recourir à des imprimantes 3D grand public peu onéreuses, Solid Concepts Inc. a utilisé une machine DMLS de qualité industrielle, l'EOSINT M270 Direct Metal 3D. Les plaquettes d'adhérence de la poignée ont été fabriquées à partir de poudre de nylon 12 renforcé au carbone, par un procédé de type SLS (Fargo, 2013). Les pièces imprimées ont été, dans une certaine mesure, retravaillées (c'est-à-dire finies et ajustées à la main) pour créer l'arme à feu finale fonctionnelle. Ce modèle 1911 est d'autant plus durable que les pièces les plus exposées aux pressions ont été construites en alliage Inconel 625 ; l'entreprise Space Exploration Technologies Corp a, par exemple, utilisé un alliage Inconel pour les parties imprimées en 3D sur son tout dernier système de propulsion « SuperDraco » (SpaceX, 2014). Selon Solid Concepts, ce modèle peut tirer plus de 4 500 cartouches sans aucun remplacement de pièces. L'entreprise a déjà vendu des exemplaires au grand public au prix de 11 900 dollars US (Parkinson, 2013). On ne peut, dans ce cas aussi, que s'attendre à ce que les technologies et matériaux s'améliorent. Du point de vue fonctionnel, le 1911 de Solid Concepts est très comparable aux pistolets de type 1911 vendus dans le commerce, et ce à tous les points de vue. De plus, contrairement au Liberator standard, il affiche une capacité de 7 cartouches et dispose d'un canon rayé. À ce stade de l'évolution



Image 3. Les pièces d'un pistolet 1911 DMLS de Solid Concepts, produites par DMLS.

des technologies, on ne sait pas encore si, à l'instar de la FDM et de la SLA, le frittage laser se répandra au-delà du prototypage et de la fabrication spécialisée de composants pour atteindre le marché grand public.

Les composants et accessoires d'arme à feu imprimés en 3D

Parmi les tout premiers composants produits par FA, on peut citer les parties inférieures de boîte de culasse pour fusils de type AR-15. Plusieurs fabricants en produisent encore, notamment aux États-Unis. En vertu du droit américain – en l'occurrence, en vertu du Gun Control Act de 1968 (États-Unis, 1968) –, les parties inférieures de boîte de culasse dites « complètes à 80 % » ne sont pas considérées comme des armes à feu, et ne sont donc pas soumises à des obligations d'enregistrement⁹. À ce jour, les parties inférieures non finies de boîte de culasse produites par FA sont toutes en polymère.

Un certain nombre de fabricants vont bientôt lancer des modèles d'armes à feu qui contiendront des composants imprimés en 3D. Par exemple, le HCAR, un fusil conçu par l'entreprise Ohio Ordnance Works, contiendrait au moins quelques composants produits par SLS (Soldier Systems, 2013)¹⁰. Comme nous l'avons précédemment mentionné, la partie supérieure de la boîte de culasse du LOSOK Arms Mk 36 (produit par Solid Concepts) est fabriquée par DMLS, et l'entreprise serait en train de développer, pour l'armée taiwanaise, un fusil-mitrailleur de calibre 9 mm dont la crosse pliable serait imprimée en 3D (Johnson, 2014)¹¹.

Le processus de copie et d'impression de pièces d'arme à feu en polymère est plus complexe et plus exigeant qu'on l'imagine souvent. Si la pièce doit jouer un rôle mécanique ne serait-ce que mineur dans le fonctionnement de l'arme, il est généralement nécessaire de relancer des processus d'ingénierie avant de l'intégrer dans une arme à feu. La plupart des composants et accessoires en polymère imprimés en 3D sont «non structurels»; ce sont par exemple des poignées et des crosses. Les quelques composants structurels ainsi produits – par exemple des parties inférieures de boîte de culasse de fusils de type AR-15 – ne sont jamais ceux qui sont soumis aux plus fortes pressions. Dans la conception de l'AR-15 par exemple, les stress thermique et mécanique du tir sont principalement subis par le canon, le verrou et la partie supérieure de la boîte de culasse. La partie inférieure a surtout pour fonction de garantir un bon alignement, de servir d'interface entre les différentes pièces fonctionnelles de l'arme à feu et, enfin, de permettre le logement de la détente, du sélecteur de tir et des mécanismes de sécurité.

Juste avant la production de leurs versions en polymère imprimées en 3D, les parties inférieures de boîte de culasse d'AR-15 étaient usinées en aluminium (un métal peu résistant). Nonobstant, ces pièces doivent indéniablement satisfaire à certaines exigences de résistance structurelle; le tampon de recul, logé dans la partie inférieure de la boîte de culasse, exerce en effet une certaine pression au moment du tir. Les copies de composants d'arme à feu produites à partir d'un matériau moins résistant que le matériau d'origine peuvent subir des défaillances structurelles.

Selon un rapport détaillé de Defense Distributed sur le processus de test d'une partie inférieure de boîte de culasse en polymère imprimée en 3D, le

composant a connu une défaillance après avoir tiré seulement 6 cartouches de calibre $5,7 \times 28$ mm, des munitions qui génèrent un recul bien inférieur à celui des cartouches de calibre $5,56 \times 45$ mm ou .223 Remington qui sont généralement utilisées avec ce type d'armes (Defense Distributed, 2013d). Dans un cas comme celui-ci, les concepteurs ne peuvent pas se contenter de copier la pièce telle qu'elle est habituellement usinée; ils doivent la repenser de façon à ce qu'elle soit capable de remplir les mêmes fonctions que la pièce originale. Defense Distributed a, depuis ce rapport, modifié la conception de sa partie inférieure de boîte de culasse d'AR-15, ce qui s'est soldé par un test de tir réussi de plus 600 munitions de calibre .223 (Defense Distributed, 2013b).

Les accessoires pour armes à feu sont, eux aussi, de plus en plus fréquemment produits au moyen de techniques de FA. Sintercore LLC produit un frein de bouche imprimé en 3D par DMLS. L'opinion de la communauté des utilisateurs sur ce frein de bouche 3DX est globalement positive, et il est vendu à un prix comparable à celui des autres freins de bouche haut de gamme du marché (Sintercore LLC, n.d.). Le 3DX est fabriqué à partir d'alliage Inconel et usiné après impression pour la finition du filetage. Selon Sintercore, certaines caractéristiques techniques de son frein de bouche ne pourraient pas être obtenues par des procédés traditionnels d'usinage, de fonte ou d'électro-érosion (*electrical discharge machining - EDM*)¹².

Le modérateur de son Te-Titan, conçu et produit par l'entreprise norvégienne Tronrud Engineering a, lui aussi, bénéficié des techniques de FA puisqu'il est fabriqué en un bloc à partir d'un alliage de titane de type Ti64 (voir l'image 4)¹³. Ces silencieux sont très durs et peuvent être utilisés sur des armes chambrées pour tout un éventail de calibres standard. Ils sont vendus dans le commerce en Norvège,



Image 4. **Le silencieux Te-Titan conçu par Tronrud Engineering.**

© Tronrud Engineering

notamment aux chasseurs, aux personnes qui pratiquent le tir de compétition et aux agences de maintien de l'ordre. Selon un certain nombre de rapports, des chasseurs qui utilisaient le Te-titan avec des fusils de calibre magnum n'ont pas subi de problèmes relevant de la sûreté de l'arme. Le Te-Titan est vendu dans la même gamme de prix que les autres silencieux haut de gamme pour fusils de gros calibre – il coûte environ 675 euros en Norvège¹⁴. Oceania Defence produit également toute une gamme de silencieux fabriqués par DMLS, que l'entreprise présente comme les modérateurs de son les moins chers du marché mondial (Oceania Defence, n.d.).

Par ailleurs, il est possible de se procurer les fichiers permettant l'impression en 3D de magasins pour différentes armes à feu. En 2013, Defense Distributed a testé le magasin « cuomo » de 30 cartouches destiné à l'AR-15 et affirmé que ces magasins, qu'ils soient imprimés en résine époxy ou en plastique ABS par SLA, pouvaient fonctionner pour « une quantité de munitions bien supérieure à 100 » (Defense Distributed, 2013c).

L'avenir de la fabrication additive dans le secteur des armes à feu

L'aérospatiale et la défense représentaient, en 2012, 10,2 % du secteur de la FA, et les analystes estiment que cette part ira en augmentant (Coykendall *et al.*, 2014). Les procédés de fabrication haut de gamme, notamment la SLS et le DMLS, resteront trop onéreux pour le grand public et la plupart des groupes pendant une décennie au moins, mais les autres procédés de fabrication devraient devenir viables. Par exemple, les imprimantes 3D FDM et SLA seront probablement plus abordables pour le grand public d'ici cinq ou dix ans. Toutefois, dans le même intervalle de temps, les procédés traditionnels de fabrication vont eux aussi progresser, et le prix des machines haut de gamme à commande numérique pilotée par ordinateur (CNC) devrait lui aussi baisser dans les années qui viennent. Avec une machine CNC récente, comme la SwissTech AB 42, il faut approximativement neuf minutes pour produire un verrou pour AR-15 (WeaponsMan, 2014). Mais les forces de l'ordre et les agences de renseignement devraient pouvoir surveiller sans peine les systèmes haut de gamme d'impression en 3D; ces derniers ne devraient donc pas devenir attrayants pour les groupes qui souhaitent rester discrets.

À mesure que le secteur de l'impression en 3D grandira, les technologies qui le sous-tendent devraient devenir de plus en plus accessibles au grand public, et ce pour les raisons suivantes :

- les gros investissements programmés devraient permettre des économies d'échelle et aboutir à une réduction du prix des imprimantes et des matériaux ;
- les imprimantes devraient devenir plus simples à utiliser, et les fichiers CAO et logiciels devraient gagner en disponibilité ;
- l'expiration de certains brevets importants devrait stimuler la partie « amateur » du secteur, et notamment démultiplier les matériaux disponibles (Hornick et Roland, 2013).

L'arrivée de matériaux plus sophistiqués, parallèlement à l'introduction de nouvelles techniques de fabrication ou de nouvelles combinaisons de techniques existantes, devrait faire progresser les capacités de production tant du grand public que des industriels. En effet, les plastiques ABS existants peuvent être utilisés pour fabriquer la boîte de culasse et la carcasse de certaines armes à feu, mais comme ces matériaux ne peuvent pas résister à la chaleur et aux pressions générées par le tir d'une arme à feu, ils ne conviennent pas pour la fabrication de composants essentiels comme le canon, le système de gaz et le verrou.

Mais certaines de ces limites pourraient être repoussées grâce aux polymères modernes plus sophistiqués. L'un de ces polymères, le polyétheréthercétone (PEEK), est un thermoplastique semi-cristallin doté d'une grande résistance à la température et à l'usure mécanique. Ces polymères sont plus onéreux que les plastiques traditionnels, mais ils restent nettement moins chers que les métaux disponibles pour l'impression en 3 D. Selon un spécialiste de l'impression 3D, les polymères comme le PEEK pourraient être utilisés pour fabriquer le « squelette » des pièces essentielles et pour produire, à partir de ce squelette, des composants hybrides plastique-métal relativement bon marché et mécaniquement supérieures, grâce à des technologies comme l'application de sous-couches en nickel chimique (*electroless nickel - EN*) et de dépôt physique en phase vapeur (DPV) de revêtements en carbone ou en titane¹⁵. Ce type de combinaison de techniques pourrait s'avérer viable pour les composants les plus importants, comme les parties supérieures de boîte de culasse, ou pour d'autres

pièces qui subissent un stress mécanique, thermique ou chimique que les polymères normaux ne supportent généralement pas. Certaines pièces de l'avion F-35 Joint Strike Fighter sont actuellement produites à partir de PEEK par un procédé de type SLS (Paramount Industries, Inc., n.d.).

Par ailleurs, la FA est un mode de fabrication relativement économique pour les matériaux très durs qui demandent un travail d'usinage coûteux et chronophage quand on leur applique des méthodes traditionnelles soustractives. Les matériaux comme le titane et les « superalliages », dont les Inconel, les Waspaloy et les Hastelloy, sont déjà utilisés pour imprimer des composants en 3D destinés à des applications sous haute contrainte (Zhang *et al.*, à paraître ; Wang, 2012). L'Inconel est d'ores et déjà utilisé pour imprimer des composants d'arme à feu en 3D, et la fabrication additive deviendra sans doute une solution rentable pour les matériaux existants ou nouveaux qui seraient difficiles à usiner.

Par ailleurs, il devrait aussi devenir envisageable d'utiliser des techniques avancées d'impression 3D pour concevoir des modèles d'armes à feu simples et robustes, qui ne nécessiteraient que peu de travail manuel d'assemblage, voire pas du tout, tout en contenant des pièces mobiles complexes. La production des pièces complexes pourrait devenir plus rentable si l'on parvenait à réduire les besoins en fixations, soudures et adhésifs, ainsi que la main-d'œuvre nécessaire à la réalisation de ces tâches¹⁶. De grandes entreprises, comme BAE Systems, ainsi que General Electric et ses filiales, ont commencé à revoir la conception de certains blocs complexes qui contenaient des dizaines de pièces individuelles pour en faire des pièces imprimables en 3D, en une seule opération (Catts, 2013 ; Elwell, 2014).

Les techniques de FA pourront aussi s'avérer efficaces et rentables pour la production de pièces creuses ou partiellement creuses, notamment quand les critères de poids sont essentiels. Par exemple, l'entreprise Imperial Machine & Tool Co, basée dans l'état américain du New Jersey, a conçu un gros écrou pour le canon d'artillerie M777, qui permet de substituer au métal solide une structure interne de type maillage. Ces nouveaux écrous sont aussi solides que les anciens, produits selon les méthodes traditionnelles, mais deux fois plus légers (Zelinski, 2014).

Grâce à l'impression 3D, il est également possible de personnaliser les pièces pour un coût bien inférieur à celui qu'occasionneraient les procédés traditionnels de fabrication, notamment parce que les besoins en outils et appareils sont considérablement réduits. On peut légitimement penser que les grands producteurs d'armes à feu tenteront de tirer profit du potentiel des technologies d'impression en 3D dans le domaine de la production des composants complexes personnalisés. Les composants comme les crosses, les poignées de pistolet, les bandes de canon et les détentes pourront, grâce à la FA, être personnalisés en peu de temps et pour un coût minimal. Enfin, parce que la FA permettra de simplifier les procédés de fabrication, il sera sans doute possible de produire des blocs complexes – par exemple, des supprimeurs de son ou des blocs de contrôle du tir – à moindre coût⁷⁷.

Quelques considérations d'ordre politique

L'évolution rapide des technologies d'impression 3D et leur application de plus en plus fréquente à la fabrication des armes à feu et de leurs composants soulèvent un certain nombre de questions qui relèvent du juridique, des normes et du maintien de l'ordre. Bien que les gouvernements nationaux – et les organisations régionales et internationales comme l'Organisation pour la sécurité et la coopération en Europe (OSCE) – aient été nombreux à signaler ces problèmes, les rapports publiés ou confidentiels les concernant sont rares (voir OSCE FSC, 2014). De manière générale, les contrôles nationaux et internationaux s'appliquent aux armes à feu imprimées en 3D comme à celles produites selon des techniques traditionnelles, mais les nouvelles technologies vont ériger de nouveaux obstacles à l'application de ces contrôles.

La réglementation de la fabrication des armes à feu

La plupart des gouvernements réglementent la fabrication des armes à feu, à un degré ou à un autre. Aux États-Unis, par exemple, les individus peuvent produire des armes à feu sans licence, à condition qu'ils ne vendent ni ne transfèrent par quelque moyen que ce soit le produit fini à une autre personne (États-Unis - Ministère de la Justice, 2005). Cette loi s'applique quelle que soit

la technique utilisée pour produire les armes à feu, ce qui signifie que le grand public peut, dans de nombreuses circonstances, produire des armes à feu imprimées en 3D en toute légalité. Chaque producteur potentiel d'armes à feu personnelles doit toutefois se conformer aux lois de son État de résidence, lesquelles peuvent imposer des restrictions sur le type d'arme qu'il est légalement possible de produire et sur les lieux dans lesquels la personne en question pourra porter ou utiliser son arme. Dans d'autres pays, seules les personnes titulaires d'une licence sont autorisées à fabriquer des armes à feu. Au Japon, par exemple, la fabrication d'armes est réglementée par la loi sur la fabrication des armes (Japon, 1953). Tout individu désireux de produire des armes à feu doit impérativement obtenir un permis délivré par le ministère de l'Économie, du Commerce et de l'Industrie. De nombreux autres pays ont adopté des lois similaires sur la fabrication des armes à feu, et celles-ci s'appliquent normalement aux armes à feu imprimées en 3D (et, le cas échéant, à leurs composants) comme à celles qui sont produites au moyen de méthodes traditionnelles.

Les contrôles internationaux s'appliquent, eux aussi, aux armes à feu imprimées en 3D. Il n'y a aucune raison de penser que les dispositions du Programme d'action des Nations unies sur les armes légères (PoA)¹⁸, dont celles relatives à la fabrication illicite des armes légères et de petit calibre, ne s'appliquent pas aux armes produites au moyen des techniques de FA. Le paragraphe II(2) du PoA exige des États qu'ils exercent « un contrôle effectif sur la production d'armes légères dans les zones relevant de la juridiction nationale » dans le but de prévenir la fabrication, le trafic et les détournements des armes légères illégales. Le paragraphe II(3) exige des États qu'ils érigent en infraction pénale la fabrication illégale des armes légères et de petit calibre, et le paragraphe II(6) qu'ils prennent des mesures pour identifier et sanctionner les groupes et personnes qui se livrent à cette fabrication illégale (AGNU, 2001b).

Le Protocole sur les armes à feu¹⁹ traite lui aussi de la réglementation de la fabrication des armes à feu. L'article 3(d) définit la « fabrication illicite » aux fins du Protocole, et exige de toute personne qui fabrique ou assemble une arme à feu qu'elle soit titulaire d'une « licence ou autorisation d'une autorité compétente de l'État partie dans lequel la fabrication ou l'assemblage a lieu » et qu'elle fasse en sorte que les armes à feu soient marquées au moment de leur

fabrication, conformément aux dispositions du Protocole. Selon l'article 5,1(a), les États doivent conférer le caractère d'infraction pénale à « la fabrication illicite d'armes à feu, de leurs pièces, éléments et munitions », lorsque celle-ci est pratiquée intentionnellement (AGNU, 2001a). Ces mesures internationales relevant de la maîtrise des armements s'appliquent aux armes à feu produites au moyen de techniques de FA comme aux armes de facture plus traditionnelle.

Le marquage, la conservation des données et le traçage

Souvent, les lois et réglementations nationales ou régionales imposent des pratiques de marquage strictes au moment de la production des armes à feu. Par exemple, la Directive 2008/51/CE de l'UE exige de tous ses États membres qu'ils mettent tout en œuvre pour s'assurer que les armes à feu fabriquées dans leur juridiction soient marquées de façon à permettre leur traçage. En s'appuyant sur les dispositions équivalentes du Protocole sur les armes à feu et de l'Instrument international de traçage²⁰ (AGNU, 2001a, art. 8(1)(a); 2005, par. 8(a)), la Directive contraint les États membres à exiger « un marquage unique incluant le nom du fabricant, le pays ou lieu de fabrication et le numéro de série, ainsi que l'année de fabrication (si elle ne figure pas dans le numéro de série) » ou à maintenir « tout autre marquage unique et d'usage facile comportant un code numérique ou alphanumérique » permettant d'identifier facilement le pays de fabrication (Directive 2008/51/CE, par. 2(a) et (b), remplaçant art. 4, par. 2; UE, 2008).

Certains États n'imposent pas aux individus, dans certaines circonstances, d'apposer un marquage sur les armes qu'ils produisent personnellement. Par exemple, aux États-Unis, les personnes qui produisent des armes à feu sans licence ne sont contraintes d'apposer ni numéro de série ni aucune autre information sous la forme d'un marquage, à condition qu'elles ne vendent ni ne transfèrent de quelque façon que ce soit la propriété des armes produites (États-Unis, 1968, s. 921(a)(3)). Quand une loi nationale exige que les armes à feu soient marquées, sans exception aucune, elle s'applique aux armes imprimées en 3D comme aux autres armes (voir ATF, n.d.).

Les dispositions du Protocole sur les armes à feu et de l'ITI relatives au marquage ne comprennent aucune exception pour les individus qui ne sont

pas titulaires d'une licence ; les États doivent impérativement «exiger» que les armes à feu (pour le Protocole) et les armes légères et de petit calibre (pour l'ITI) soient marquées d'une certaine façon « au moment de la fabrication » (AGNU, 2001a, art. 8(1)(a) ; 2005, par. 8(a)). Le paragraphe 7 de l'ITI stipule également que :

Le choix des méthodes de marquage des armes légères et de petit calibre est une prérogative nationale. Les États veillent à ce que, quelle que soit la méthode utilisée, toutes les marques requises en vertu du présent instrument soient portées sur une surface exposée, bien visibles sans aides ou outils techniques, aisément reconnaissables, lisibles, durables et, autant que techniquement faire se peut, récupérables.

Sachant que les armes à feu et composants d'armes à feu imprimés en 3D (dont les composants qui portent habituellement le numéro de série et les marquages permettant d'identifier le fabricant, comme la boîte de culasse) sont le plus souvent en polymère, ces armes et composants pourraient ne pas être en conformité avec les exigences de «durabilité» de l'ITI (voir le chapitre I). Le Protocole sur les armes à feu et l'ITI comprennent tous les deux des mesures contre l'effacement ou l'altération des marquages (AGNU, 2001a, art. 5(1)(c) ; 2005, art. 8(e)). Mais, dans la pratique, il est beaucoup plus facile de falsifier des marquages ou de les effacer entièrement sur des matériaux polymères que sur du métal.

La production d'armes à feu sans marquages, et donc l'assemblage d'armes à feu complètes à partir de composants non marqués, permet de contourner le traçage des armes quand elles sont utilisées pour commettre des crimes ou qu'elles sont acheminées en contrebande. Pour prévenir ces pratiques, l'ITI stipule que :

Un marquage distinctif devrait être appliqué sur un élément essentiel ou structurel de l'arme dont la destruction rendrait l'arme définitivement inutilisable et incapable d'être remise en état, tel que la carcasse et/ou la boîte de culasse (AGNU, 2005, art. 10).

Dans ce cas également, l'ITI ne prévoit aucune exception pour les producteurs individuels non titulaires d'une licence.

La réglementation des transferts internationaux

Les armes à feu et composants d'arme à feu imprimés en 3D entrent incontestablement dans le champ d'application des instruments internationaux qui réglementent actuellement les transferts internationaux d'armes légères et de petit calibre, dont le PoA (AGNU, 2001b, Section II, par. 11-15), le Protocole sur les armes à feu (AGNU, 2001a, art. 3(e), 5(1)(b), 10-11) et le Traité sur le commerce des armes (AGNU, 2013)²¹. Ces instruments n'opèrent pas de distinction entre les armes en fonction de leur méthode de production.

Les lois nationales peuvent, en outre, s'appliquer aux fichiers numériques utilisés pour concevoir et fabriquer les armes à feu imprimées en 3D, sachant que leur publication en ligne peut être considérée comme une « exportation » de données de défense dont l'accès est restreint. En mai 2013, le Département d'État américain²² a ordonné à Defense Distributed de supprimer de son site internet les fichiers de conception de leur arme de poing baptisée Liberator. L'institution a noté que Defense Distributed, en publiant ces fichiers sur Internet, avait potentiellement contrevenu à la loi sur le contrôle des exportations des armes (Arms Export Control Act – AECA, 22 U.S.C. 2778) ainsi qu'à la réglementation d'application de l'AECA (International Traffic in Arms Regulations – ITAR, 22 C.F.R. parties 120-130). L'AECA et l'ITAR imposent des restrictions tant aux transferts de matériel de défense contrôlé et des données techniques connexes qu'à l'accès à ce matériel et à ces données. Les biens et données réglementés, dont les armes à feu et les données techniques relatives à ces armes, sont énumérés dans la liste des armements établie par les États-Unis (United States Munitions List – USML, 22 C.F.R. partie 121) (Cooke, 2013).

Les obstacles au maintien de l'ordre

La fabrication additive ne rendra pas obsolètes les contrôles internationaux et nationaux en vigueur. Elle pourrait, en revanche, rendre leur application plus difficile et poser, en pratique, un certain nombre de problèmes relevant du maintien de l'ordre. À mesure que les technologies de FA progresseront et deviendront plus accessibles au grand public, les forces de l'ordre éprouveront de plus grandes difficultés à faire respecter les réglementations relatives à la production d'armes à feu. Dans certains pays, sur le territoire desquels la

production «privée» d'armes à feu est légale dans certaines conditions, comme les États-Unis, les forces de l'ordre vont principalement se heurter à des problèmes relatifs aux transferts ou aux ventes d'armes à feu imprimées en 3D qui auront été produites sans licence ou qui ne porteront pas les marquages exigés par la loi.

Dans la plupart des cas, les méthodes employées par les forces de l'ordre devraient rester les mêmes que celles auxquelles elles recourent habituellement pour intercepter les armes à feu de facture traditionnelle volées ou produites illégalement. Mais, faute de marquage des armes illicites imprimées en 3D, les procédures standard de traçage ne donneront pas de résultats. Dans les pays où la production d'armes à feu à titre privé est interdite, l'arrivée des armes à feu imprimées en 3D risque de perturber considérablement le travail des forces de l'ordre.

Dans les pays qui ne réglementent que les composants essentiels des armes à feu, notamment les carcasses et les boîtes de culasse, certaines personnes pourraient utiliser les technologies 3D pour produire précisément ce type de composants et contourner ainsi les obligations d'enregistrement. La fabrication additive pourrait aussi être utilisée pour produire d'autres composants soumis à des restrictions dans certaines juridictions, dont ceux qui permettent de transformer une arme semi-automatique en arme automatique (à tir sélectif) ou des accessoires à fixer au canon comme des suppresseurs de son.

Au mois de juin 2014, Yoshitomo Imura a été arrêté dans la préfecture de Kanagawa, au Japon, et accusé de possession d'armes à feu imprimées en 3D. Sachant qu'il n'était titulaire d'aucune licence de fabrication, les forces de l'ordre ont affirmé qu'il violait la loi nationale relative à la fabrication d'armes à feu (Japon, 1953; Coldewey, 2014). Certains législateurs prônent l'interdiction de la fabrication privée d'armes à feu imprimées en 3D, mais rien ne semble pour l'instant justifier que les États qui autorisent cette production selon des méthodes traditionnelles s'en prennent spécifiquement aux armes à feu imprimées en 3D, et rien ne laisse non plus penser qu'une interdiction de ce type serait efficace. Toutefois, un certain nombre de gouvernements ont récemment déposé des projets de loi visant à interdire l'impression d'armes à feu ou de composants d'arme à feu en 3D ou à lui imposer des restrictions. En 2013, le député démocrate américain Steve Israel a vainement tenté de faire modifier la Loi américaine sur les armes à feu indétectables pour y intégrer une

interdiction de produire des composants d'arme à feu en 3 D. En Australie, dans l'état du Queensland, un projet de loi a été présenté dans le but de réglementer « les plans numériques d'armes à feu en 3D et les armes à feu imprimées » (Australie, 2014).

Certains observateurs ont émis l'idée que les contrôles devaient s'exercer sur les imprimantes 3D, sur certains des matériaux utilisés pour imprimer des armes à feu en 3D et même sur les fichiers CAO ou assimilés (voir, par exemple, Sakamoto et Takeuchi, 2014). Mais nombreux sont ceux, dans le secteur de la fabrication additive, qui s'opposent à ce type de contrôles, en objectant notamment que la fabrication d'armes à feu n'est que l'une des utilisations des imprimantes 3D et des matériaux associés et qu'elle ne représente qu'une portion minime du secteur (Baartz, 2014). En effet, aucun des matériaux de l'impression 3D n'a été spécifiquement conçu pour la fabrication d'arme à feu, et aucun n'est plus particulièrement adapté à cette fabrication. Il est, certes, envisageable de restreindre l'accès à certains polymères particulièrement résistants ou à certains alliages métalliques prêts à être imprimés, mais ceci aurait des conséquences néfastes sur le secteur tout entier.

De plus, il pourrait s'avérer particulièrement difficile de faire respecter les restrictions que l'on pourrait imposer à la diffusion des fichiers de type CAO ou STL utilisés pour la production d'armes à feu imprimées en 3D (voir plus haut). La lutte contre le piratage numérique en témoigne : il est pratiquement impossible de contrôler les flux d'informations sur Internet à partir du moment où celles-ci ont été rendues publiques. Les plans numériques du Liberator ont été téléchargés plus de 100 000 fois durant les deux jours où ils ont été publiés sur le site de Defense Distributed, avant que le Département d'État américain informe l'entreprise que cette diffusion était assimilable à une violation de l'ITAR (Neal, 2013).

Dans certaines juridictions, les responsables politiques vont sans doute devoir revoir la définition de ce que recouvre la notion de fabrication d'une arme à feu. Avec la popularité croissante des espaces collaboratifs²³ de fabrication dans lesquels chacun peut utiliser une infrastructure et des équipements communs, une personne peut parfaitement imprimer des armes à feu en 3D sur une imprimante qui appartient à une tierce partie (un groupe ou un individu). Pour lutter contre la fabrication illicite d'armes à feu, dont celles produites par FA, les lois devront contenir des dispositions permettant d'établir

la responsabilité des tierces parties qui mettent du matériel à la disposition des personnes désireuses de produire des armes à feu.

Certains gouvernements ont adopté des lois spécifiques sur les armes à feu difficiles à détecter au moyen de techniques conventionnelles. Certaines armes en polymère imprimées en 3D, comme le Liberator, sont pratiquement indétectables par certains dispositifs de contrôle – notamment ceux fondés sur la détection des métaux – quand ils ne contiennent pas la pièce en métal conseillée. Cette caractéristique pourrait s’avérer attrayante pour des personnes ou des groupes qui ont l’intention de passer une arme à feu en contrebande dans une zone sécurisée. Mais certains dispositifs de sécurité, comme les scanners corporels à rétrodiffusion, pourraient, dans certaines conditions, détecter les armes de ce type. En outre, des observateurs ont émis l’idée qu’il suffirait d’ajouter un agent de contraste aux polymères haute résistance pour les rendre immédiatement détectables par les scanners à rayon X²⁴. La loi américaine sur les armes indétectables, adoptée en 1988 et étendue en 2003, devait expirer en décembre 2013, mais elle a été à nouveau étendue jusqu’en 2023 après des débats sur l’adéquation de la loi initiale compte tenu du développement de l’impression d’armes à feu en 3D (Kasperowicz, 2013). Il convient de noter que personne ne fabrique de munitions au moyen de l’impression 3D. Les armes à feu comme le Liberator ou le modèle 1911 de Solid Concepts tirent des munitions conventionnelles qui peuvent aisément être détectées par les dispositifs de sécurité existants.

Les armes à feu imprimées en 3D peuvent aussi faire obstacle aux méthodes traditionnelles d’enquête. Leurs utilisateurs peuvent, en effet, considérer ces armes accessibles et peu onéreuses comme du « matériel jetable », qu’ils peuvent incinérer ou détruire par d’autres moyens après avoir commis un acte criminel ou lorsqu’ils craignent d’être poursuivis par les forces de l’ordre. En outre, le canon de ces armes n’est pas toujours rayé, ce qui peut compromettre l’efficacité des techniques balistiques, notamment quand elles doivent établir une correspondance entre des projectiles tirés et une arme spécifique sur la base du motif unique laissé par les rayures du canon sur les projectiles. Toutefois, les projectiles qui ont été tirés par un canon non rayé éveillent immédiatement les soupçons quand ils sont retrouvés sur une scène de crime. Les armes non rayées (à l’exception notable des fusils de chasse qui tirent des projectiles

reconnaissables dans la plupart des cas, ainsi que des armes à blanc converties et autres armes à feu improvisées) sont rarement utilisées à des fins criminelles. Les techniques modernes d'examen des projectiles permettent également d'établir une correspondance entre les marques du projectile et les marques uniques laissées par les outils dans le canon d'une arme à feu spécifique. Dans le cas de certaines armes à feu imprimées en 3D, comme le Liberator, le percuteur métallique improvisé laissera sur l'étui des cartouches tirées des marques distinctives qui peuvent permettre d'identifier ledit percuteur. Mais il convient de signaler que celui-ci peut facilement être remplacé ou mis au rebut. D'autres techniques balistiques peuvent être utilisées pour établir une correspondance entre des projectiles et des armes à feu qui, comme le Liberator, sont équipés d'un canon en polymère²⁵. Comme pour toute technologie nouvelle, il sera nécessaire de former les membres des forces de l'ordre à leur utilisation. Faute de formation et d'éducation, ils et elles risqueraient de déployer des efforts inefficaces ou de commettre des erreurs. En octobre 2013, des agents de la police de Grand Manchester, au Royaume-Uni, ont effectué une perquisition dans une maison et saisi ce qui a été décrit comme des composants d'arme à feu imprimés en 3D. En réalité, il s'agissait de composants d'une imprimante 3D (BBC News Manchester, 2013 ; Estes, 2013).

Quelques autres implications d'ordre politique

La fabrication additive d'armes à feu soulèvera probablement d'autres problèmes de nature politique, notamment relatifs aux normes de fabrication et à la sécurité des utilisateurs. Les utilisateurs amateurs des technologies de FA peuvent, en effet, ne pas connaître les normes strictes qui régissent la production dans le secteur des armes à feu ou ne pas être mesure de s'y conformer ; ils représentent dans ce cas une menace à la sécurité publique (notamment parce que les armes fabriquées risquent de connaître une défaillance majeure). En outre, on peut légitimement penser que les armes produites par des méthodes non conformes aux normes du secteur auront une durée de vie plus courte et qu'elles se détérioreront plus facilement. Il semble aussi que les entreprises d'impression en 3D peinent à trouver des solutions pour assurer leurs activités, notamment quand ces activités relèvent de la fabrication d'armes à feu ou de composants d'arme à feu.²⁶

Conclusion

La plupart des analystes sont convaincus du fait que le secteur de l'impression 3D connaîtra une période de forte croissance dans les années qui viennent. Cette croissance devrait se manifester tant dans la production et la conception haut de gamme que dans l'impression grand public. En pratique, les imprimantes grand public devraient très rapidement évoluer vers plus de sophistication pour un prix inférieur, dans un contexte où certains brevets arrivent à expiration. Mais les machines de pointe, comme celle sur laquelle a été produit le pistolet 1911 DMLS de Solid Concepts, resteront encore inaccessibles au grand public pendant un certain temps.

Les bibliothèques CAO en ligne contiennent maintenant les plans d'armes à feu complètes, de composants et d'accessoires²⁷, mais il faut encore être très qualifié pour transformer ces fichiers en produits finis. Dans la pratique, l'impression 3D reste donc le plus souvent l'apanage d'amateurs éclairés. Les personnes désireuses d'imprimer une arme à feu en 3D doivent accomplir un travail préparatoire considérable et un travail de finition tout aussi important, puisque la plupart des pièces d'arme à feu doivent être finies à la main après impression. Contrairement à l'idée reçue, les armes à feu imprimées en 3D ne sont pas le résultat d'un simple processus de type « cliquer, imprimer et tirer ». C'est encore moins le cas pour l'impression 3D des armes à feu en métal ou des armes les plus sophistiquées. Par exemple, il est tout simplement erroné d'affirmer que n'importe qui peut aisément et rapidement imprimer un fusil d'assaut en 3D.

Les particuliers et les petits groupes se heurtent à des obstacles considérables quand ils tentent de fabriquer des armes à feu en 3D, parmi lesquels le coût des imprimantes et du matériel, les compétences techniques requises et la gestion de la capacité des matériaux à supporter les températures et les pressions associées au tir (Birtchnell et Gorkin, 2013 ; Ferguson, 2014). En lui-même, le fait que des particuliers ou des petits groupes soient capables de fabriquer des armes à feu artisanalement n'est pas nouveau. Les criminels et les groupes armés du monde entier produisent tout un éventail d'armes à feu improvisées à partir de matériaux divers en appliquant des méthodes traditionnelles ou rudimentaires. Certaines armes improvisées sont relativement sophistiquées, et les autorités confisquent régulièrement des versions totalement automatiques

aux groupes armés non étatiques. Plus important encore, la grande majorité de ces armes ont des capacités supérieures à celles de n'importe quelle arme susceptible d'être imprimée en 3D par un particulier. Il faut jouir d'une plus grande expertise technique pour fabriquer et assembler une arme à feu par FA que pour produire nombre d'armes improvisées bien plus performantes.

À l'heure actuelle, pour un particulier ou un groupe non étatique, le seul réel avantage des armes à feu imprimées en 3D économiquement viables tient à leur nature intraçable et au fait que les dispositifs de sécurité communément installés sont incapables de détecter les matériaux polymères qui les composent. Une arme entièrement imprimée en 3D et sur laquelle on n'aura apposé aucun marquage sera logiquement intraçable, mais il est aussi possible de rendre intraçables nombre d'armes à feu traditionnelles sans grandes difficultés. Les marques apposées peuvent être limées, voire, selon les pratiques de marquage applicables, absentes. Toutefois, les armes imprimées en 3D et essentiellement composées de polymères ont indéniablement une nature relativement indétectable qui peut intéresser certaines personnes – par exemple, celles qui souhaitent passer une arme en contrebande dans une zone sécurisée. Des armes de type Liberator se vendent déjà sur des plateformes illicites (Welch, 2014). Mais, à quelques exceptions près, les armes traditionnelles achetées au marché noir devraient rester plus attrayantes pour les individus et les groupes armés non étatiques que les armes imprimées en 3D, dont le rapport performance-prix reste, par comparaison, défavorable. Il semble en effet que l'on puisse acquérir des armes à feu considérablement plus performantes – comme des fusils d'assaut entièrement automatiques de type Kalachnikov – pour quelques centaines de dollars US (Killicoat, 2007). Parfois, il est même possible d'acheter des armes à feu pour moins de 100 dollars. Les armes à feu imprimées en 3D, comme le Liberator de Defense Distributed, sont vendues à des prix compétitifs sur ces marchés, mais leurs limites sont telles que même des armes traditionnelles vieilles ou mal entretenues sont susceptibles d'apporter davantage à leur utilisateur sur le plan pratique. Les armes à feu en métal imprimées en 3D sont de bien meilleure qualité mais, comme nous l'avons dit précédemment, elles sont incomparablement plus onéreuses que leurs homologues en polymère. À moins d'avancées technologiques majeures, elles resteront inaccessibles pendant de longues années. 📌

Notes

- 1 Entretien avec des sources confidentielles actives dans le secteur, avril 2014.
- 2 Le fusil d'assaut Masada est maintenant connu sous le nom de Bushmaster ACR. Il est produit par Bushmaster et Remington pour, respectivement, les marchés civil et militaire (entretiens avec des sources confidentielles actives dans le secteur, avril 2014).
- 3 Le FMG-9 n'a jamais été produit, mais le Magpul-PTS, un dérivé d'arme de type airsoft, a effectivement été fabriqué (entretiens avec des sources confidentielles actives dans le secteur, avril 2014).
- 4 Le modèle 3DX de Sintercore LLC portait auparavant le nom d'« Auxetik ».
- 5 Il faut noter que les journalistes en question n'ont, ni dans le cas France-Royaume-Uni, ni dans le cas d'Israël, fait voyager le percuteur métallique ou des munitions avec l'arme qu'ils ont passée en contrebande dans une zone sécurisée.
- 6 Entretien avec des sources confidentielles actives dans le secteur.
- 7 Entretien avec des sources confidentielles actives dans le secteur.
- 8 Il conviendrait de tester précisément la portée des différentes variantes du Liberator en fonction de caractéristiques comme les rayures du canon, le type de polymère et le mécanisme de rechargement, ce qui nécessiterait des recherches approfondies. On peut légitimement penser que les « rayures » imprimées à partir des types de polymères habituellement utilisés pour produire les armes de poing de type Liberator ne sauraient avoir une efficacité autre que marginale.
- 9 L'ATF régleme le statut des boîtes de culasse non finies au cas par cas, sur la base de « lettres de détermination » (voir, par exemple, ATF, 2013b). Dans certains cas récents, le statut juridique des parties inférieures non finies de boîte de culasse est resté incertain (Michel et Associates, 2014).
- 10 Nous ne disposons pas d'informations plus détaillées au moment de la rédaction de ce chapitre. Le fabricant Ohio Ordnance Works a été contacté mais n'a pas souhaité répondre. Les composants auxquels il est fait référence ici sont des composants non essentiels à vocation ergonomique, comme la bande de canon, la poignée d'un pistolet ou la crosse (Jenzen-Jones, à paraître).
- 11 Il peut s'agir d'un exemple de prototypage rapide.
- 12 Entretien avec Neal Brace, directeur général de Sintercore LLC, avril 2014.
- 13 Le filetage, même produit à partir de Ti64, nécessite des opérations de finition.
- 14 Entretien avec Didrik Sørli, ingénieur application, Tronrud Engineering AS, 5 juin 2012.
- 15 Entretien avec Neal Brace, directeur général de Sintercore LLC, avril 2014.
- 16 Entretien avec Neal Brace, directeur général de Sintercore LLC, avril 2014.
- 17 Entretien avec Neal Brace, directeur général de Sintercore LLC, avril 2014.
- 18 Nom complet : Programme d'action en vue de prévenir, combattre et éliminer le commerce illicite des armes légères sous tous ses aspects Voir AGNU (2001b)
- 19 Nom complet : Protocole contre la fabrication et le trafic illicites d'armes à feu, de leurs pièces, éléments et munitions, additionnel à la Convention des Nations unies contre la criminalité transnationale organisée. Voir AGNU (2001a).
- 20 Nom complet : Instrument international visant à permettre aux États de procéder à l'identification et au traçage rapides et fiables des armes légères et de petit calibre illicites. Voir AGNU (2005).

- 21 L'application du TCA aux pièces et composants n'est que partielle (voir Parker, 2014).
- 22 Pour être plus précis, il s'agit de la division chargée de la mise en application de la Direction des contrôles commerciaux en matière de défense du Bureau des affaires politico-militaires du département d'État (US Department of State's Bureau of Political Military Affairs, Office of Defense Trade Controls Compliance, Enforcement Division - DTCC/END)
- 23 Ces espaces collaboratifs, « fablab » ou « techlab » portent, en anglais comme en français, des noms différents, dont le sens peut très légèrement varier : « makerspaces », « hacker spaces », « hackerspaces », « hacklabs », et « techspaces » (voir Hackerspaces.org, (n.d.) pour la terminologie anglaise).
- 24 Correspondance avec Paul William, spécialiste indépendant du secteur des armes à feu, 28 juin 2014.
- 25 Ces techniques ne sont pas traitées pour des raisons de sécurité.
- 26 Entretien avec Neal Brace, directeur général de Sintercore LLC, avril 2014.
- 27 Les références resteront confidentielles pour des raisons de sécurité.

Références bibliographiques

- 3D Systems, Inc. n.d. « About 3D Systems ». *3D Systems*.
- AGNU (Assemblée Générale des Nations Unies). 2001a. *Protocole contre la fabrication et le trafic illicites d'armes à feu, de leurs pièces, éléments et munitions, additionnel à la Convention des Nations Unies contre la criminalité transnationale organisée*. Résolution 55/255, adoptée le 31 mai. A/RES/55/255 du 8 juin.
- . 2001b. *Programme d'action en vue de prévenir, de combattre et d'éliminer le commerce illicite des armes légères sous tous ses aspects (« Programme d'action »)*. Adopté le 21 juillet. A/CONF.192/15 du 20 juillet.
- . 2005. *Instrument international visant à permettre aux États de procéder à l'identification et au traçage rapides et fiables des armes légères et de petit calibre illicites (« Instrument international de traçage »)*. Adopté le 8 décembre. A/60/88 du 27 juin (annexe).
- ATF (Bureau de l'alcool, du tabac, des armes à feu et des explosifs). n.d. « Frequently Asked Questions—Firearms Technology ».
- . 2013a. « ATF Test of 3-D Printed Firearm Using VisiJet material (Side View) ». Vidéo YouTube. Postée le 13 novembre.
- . 2013b. « Formal correspondence with Mr Tilden Smith, 80 Percent Arms ». 15 juillet. Martinsburg, Virginie-Occidentale.
- Australie. 2014. *Weapons (Digital 3D and Printed Firearms) Amendment Act 2014*. Queensland.
- Baartz, Samuel. 2014. *Additive Manufacturing: Technology Brief*. Armament Research Services (ARES) Research Note n° 1. Document de travail non publié. West Perth : ARES.
- BBC News Manchester. 2013. « 3D Printer "Gun Parts" Found in Manchester Raid ». Édition en ligne. 25 octobre.
- Beckhusen, Robert. 2012. « 3-D Printer Company Seizes Machine From Desktop Gunsmith ». *Wired Dangerroom*. 10 janvier.
- Birchnell, Thomas and Robert Gorkin. 2013. « A Violent Debate: Could Guns be Made at Home by 3D Printers? » *The Conversation*. 18 janvier.

- BloombergTV. 2014a. « 3D Printing Stocks in Early Bubble Stage: Shaw ». Édition en ligne, 5 février.
- . 2014b. « How Small a Business Is 3D Printing? » Édition en ligne. 5 février.
- Catts, Tim. 2013. « GE Turns to 3D Printers for Plane Parts ». *Bloomberg Businessweek*. 27 novembre.
- Chernicoff, David. 2012. « No, You Can't Download a Gun from the Internet ». *ZDNet*. 3 août.
- Coldewey, Devin. 2014. « 3D Printed Guns Lead to Arrest of Man ». *NBC News*. 8 mai.
- Cooke, Charles C.W. 2013. « State Department Requests Defense Distributed Remove Digital Blueprints for "Liberator" Gun ». *National Review*. 9 mai.
- Coykendall, John, *et al.* 2014. « 3D Opportunity for Aerospace and Defense: Additive Manufacturing Takes Flight. » 2 juin. Westlake, Texas : Deloitte University Press.
- DefCAD. n.d. DefCAD Forums.
- Defense Distributed. 2013a. « Liberator—Dawn of the Wiki Weapons ». Vidéo postée sur YouTube le 5 mai 2013.
- . 2013b. « DefDist Printed AR Lower—Part III ». Vidéo postée sur YouTube le 25 février 2013.
- . 2013c. « DefDist Printed AR Mag—Part II ». WikiWep DevBlog.
- . 2013d. « Printed Reinforced AR Lower Review ». WikiWep DevBlog.
- Elwell, Andrew. 2014. « The Outlook for 3D Printing in Aerospace and Defence ». *Defence IQ*. 31 juillet.
- EOS. 2007. « EOSINT M Materials for Direct Metal Laser-Sintering (DMLS) ». EOS e-Manufacturing Solutions.
- Estes, Adam Clark. 2013. « UK Police Seize 3D-Printed Gun Parts that are Actually 3D Printer Parts ». *Gizmodo*. 25 octobre.
- États-Unis. 1968. Gun Control Act of 1968, 18 U.S.C. s. 921.
- . 1988. Undetectable Firearms Act of 1988, 18 U.S.C. s. 922.
- États-Unis (Département de la Justice). 2005. « The Gun Control Act of 1968 ». In *Federal Firearms Regulations Reference Guide 2005*. ATF Publication 5300.4. Septembre.
- Farago, Robert. 2013. « Gun Review: Solid Concepts 1911 DMLS ». *The Truth About Guns*. 10 décembre.
- Ferguson, Jonathan. 2014. *3D Printed Firearms: An Introduction*. Armament Research Services (ARES) Research Note n° 3. Document de travail non publié. West Perth : ARES.
- Formlabs. n.d. « Form 1+ High Resolution 3D Printer ». Site web formlabs.com.
- Greenberg, Andy. 2013a. « Meet Steve Israel, the Congressman Who Wants to Ban 3D-Printed Guns (Q&A) ». *Forbes*. 18 janvier.
- . 2013b. « This is The World's First Entirely 3D-Printed Gun ». *Forbes*. 5 mars.
- . 2013c. « \$25 Gun Created With Cheap 3D Printer Fires Nine Shots ». *Forbes*. 20 mai.
- . 2013d. « Meet the "Liberator" : Test-Firing the World's First Fully-Printed 3D-Gun ». *Forbes*. 5 mai.
- Grosvenor, Carol et Alex Lou. 2012. « Selective Laser Sintering, Birth of an Industry ». University of Texas at Austin Mechanical Engineering Department. 7 décembre.
- Guslik, Michael. 2012. « Gunsmithing with a 3D Printer—Part 2 ». *Have Blue*. 1^{er} juillet.
- . 2013. « Gunsmithing with a 3D Printer—Part 4 ». *Have Blue*. 17 mars.
- Haaretz*. 2013. « Israeli TV Program Sneaks 3-D Printed Pistol into Knesset without Being Detected ». 4 juillet.
- Hackerspaces.org. n.d. *List of Hacker Spaces*.
- Hickey, Shane. 2014. « Chuck Hull: The Father of 3D Printing who Shaped Technology ». *The Guardian*. 22 juin.
- Hornick, John et Dan Roland. 2013. « Many 3D Printing Patents are Expiring Soon: Here's A Round Up & Overview of Them ». *3D Printing Industry*. 29 décembre.

- Japon. 1953. Buki tō seizō hō [Weapons Manufacture Law]. Loi n° 145, 1^{er} août. Modifiée pour la dernière fois par la Loi n° 120 de 2007.
- Jenzen-Jones, N.R. et Matt Schroeder, dir. 2018. *An Introductory Guide to the Identification of Small Arms, Light Weapons, and Associated Ammunition*. Manuel. Genève : Small Arms Survey.
- Johnson, Steve. 2014. « Taiwan 9 mm MSR Submachine Gun Prototype ». *The Firearm Blog*. 16 avril.
- Kasperowicz, Pete. 2013. « Senate Approves Bill Banning Plastic Guns ». *The Hill*. Blog. 9 décembre.
- Killicoat, Phillip. 2007. *Weaponomics: The Global Market for Assault Rifles*. World Bank Policy Research Working Paper n° 4202. Washington, DC : Banque Mondiale.
- Kurzweil, Ray. 2013. « Ray Kurzweil : This is Your Future ». *CNN*. 26 décembre.
- M4carbine.net. 2011. « 3D Printed AR-15 Lower ». *M4 Carbine Forum*.
- McCue, T.J. 2013. « 3D Printing Stock Bubble? \$10.8 Billion by 2021 ». *Forbes*. 30 décembre.
- McGowan, Scott. 2013. « World's First 3D Printed Metal Gun Manufactured by Solid Concepts ». *Solid Concepts Inc.*
- Michel & Associates. 2014. « Court Filings and Reference Materials Relating to ATF Investigations on Polymer Precursor Receivers (aka 80% Lowers) ». 22 juillet.
- Neal, Ryan. 2013. « Blueprints For "Liberator", World's First 3D Printed Gun, Downloaded 100,000 Times in Two Days ». *International Business Times*. 9 mai.
- Police de Nouvelle-Galles du Sud. 2013. « NSW Police Commissioner Warns of Dangers of 3D Guns ». Vidéo postée sur YouTube le 23 mai.
- Oceania Defence. n.d. « Titanium Suppressors ». *Oceania-defence.com*.
- OSCE FSC (Organisation pour la Sécurité et la Coopération en Europe, Forum pour la coopération en matière de sécurité). 2014. « 765^e séance plénière du Forum pour la coopération en matière de sécurité ». 8 octobre.
- Overton, Steph. 2013. « Can 3D Printing Rebuild Manufacturing in Australia? » *News@CSIRO*. 8 octobre.
- Paramount Industries Inc. n.d. « High Temperature Laser Sintering (HTLS) via Additive Manufacturing Technology ».
- Parker, Sarah. 2014. « Breaking New Ground? The Arms Trade Treaty ». In *Small Arms Survey. Small Arms Survey 2014 : Women and Guns*. Cambridge : Cambridge University Press, p. 77-100.
- Parkinson, Alyssa. 2013a. « 1911 3D Printed Guns Will Sell to Lucky 100 ». *Solid Concepts Blog*. 19 décembre.
- . 2013b. « World's First 3D Printed Metal Gun ». *Solid Concepts Blog*. 7 novembre.
- PJ Media. 2013. « Defense Distributed's Cody Wilson explains the Printed Firearm ». Vidéo postée sur YouTube le 25 mars 2013.
- Sakamoto, Yukinobu et Shunpei Takeuchi. 2014. « Laws Urged to Regulate Illicit 3D Printer Use ». *The Sydney Morning Herald*. 17 juin.
- Savla Associates. n.d. « Stereolithography ». *Photopolymer.com*.
- Sintercore LLC. n.d. « Auxetik Muzzle Brake ».
- Slowik, Max. 2013. « 3D Printing Community Updates Liberator with Rifle, Pepperbox and Glock-Powered "Shuty-9" ». *Guns.com website*. Page consultée le 1^{er} juillet 2014.
- Smallwood, Michael. 2014. « Alternative 3D Printing Technologies ». *Armament Research Services (ARES) Research Note n° 4*. Background paper non publié. West Perth : ARES.
- Snider, Duke. 2003. « AR15/M16 FAQs ». *Bighammer*. 4 mars.
- Soldier Systems. 2013. « HCAR – BAR for the 21st Century from Ohio Ordnance Works ». *Soldier Systems. An Industry Daily*. 11 novembre.

- . 2014. « Osprey Range Day—LOSOK Custom Arms Mk 36 ». *Soldier Systems: An Industry Daily*, 13 février.
- Solid Concepts Inc. n.d. « SLS Materials ». *Solidconcepts.com*.
- SpaceX. 2014. « SpaceX Completes Qualification Testing of SuperDraco Thruster ». *SpaceX.com*, 27 mai.
- Thompson, Joe. 2013. « Understanding Direct Metal Laser Sintering ». *Canadian Industrial Machinery*, 18 novembre.
- Thre3d. n.d.a. « How Fused Deposition Modeling (FDM) Works ». *Thre3d.com*.
- . n.d.b. « How Direct Metal Laser Sintering (DMLS) Works ». *Thre3d.com*.
- Union Européenne (UE). 2008. Directive 2008/51/CE du Parlement Européen et du Conseil du 21 mai 2008, modifiant la directive 91/477/EEC du Conseil sur le contrôle de l'acquisition et de la possession d'armes. Directive 2008/51/CE.
- Wadhwa, Vivek. 2013. « Let's Curb our 3D Printer Enthusiasm ». *Sydney Morning Herald*, 19 août.
- Wang, Fude. 2012. « Mechanical Property Study on Rapid Additive Layer Manufacture Hastelloy (R) X Alloy by Selective Laser Melting Technology ». *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 58, n° 5-8, Janvier, p. 545-551.
- WeaponsMan. 2014. « Subtractive Strikes Back: AR-15 Bolt Machined in Nine Minutes ». *Weapons-Man*, 9 juin.
- Welch, Dylan. 2014. « Online Gun Sales, 3D Printing of Plastic Weapons Pushing Firearms into Hands of Criminal Underworld ». *ABC News*, 23 avril.
- Wile, Rob. 2013a. « Credit Suisse : 3D Printing is Going to Be Way Bigger Than What the 3D Printing Companies Are Saying ». *Business Insider Australia*, 18 septembre.
- . 2013b. « Goldman: The 8 Extraordinary Technologies Forcing Businesses to Adapt or Die ». *Business Insider Australia*, 9 août.
- Worstell, Tim. 2013. « The Liberator 3D Printed Gun Successfully Smuggled Through International Transport Security ». *Forbes*, 12 mai.
- Zelinski, Peter. 2014. « Learning Curve ». *Additive Manufacturing*, Mai, p. 4-7.
- Zhang, Yi-Nan, *et al.* À paraître. « Mechanical Properties of Fiber Laser Deposited Waspaloy Alloy Using Filler Wire Feed ». Article à paraître.

IV. Nouvelles technologies et contrôle des armes légères : la prévention de l'acquisition et de l'utilisation non autorisées

Matt Schroeder

Introduction

En matière de commerce illicite des armes, Le Programme d'action des Nations unies (PoA)¹ encourage les États membres à exercer un contrôle effectif sur la production, l'exportation, l'importation, le transit ou le retransfert des armes légères et de petit calibre, dans le but plus large de prévenir la fabrication illégale et le trafic de ces biens, ainsi que leur détournement vers des bénéficiaires non autorisés (AGNU, 2001, par. II(2)). Pour atteindre ce vaste objectif, il est nécessaire de prendre, à différents niveaux, des mesures dont l'efficacité contrebalance le coût. En quoi la technologie peut-elle aider les gouvernements à mettre en œuvre le PoA ? Quels sont les principaux obstacles qui les empêchent d'adopter des technologies nouvelles ou sous-utilisées ?

Dans ce chapitre, l'auteur procède à une évaluation préliminaire de ces technologies nouvelles ou sous-utilisées en matière de marquage et de stockage sécurisé, de transport et d'utilisation des armes de petit calibre, des armes légères et de leurs munitions, « du berceau à la tombe ». Il met notamment l'accent sur les phases suivantes de leur cycle de vie et les activités connexes : la production (marquage), le stockage et le transport (sécurité physique et gestion des stocks) et l'utilisation finale (prévention des usages non autorisés). Ce chapitre n'a en aucun cas vocation à présenter une évaluation exhaustive de l'ensemble des technologies nouvelles et sous-utilisées. L'auteur s'est donné comme objectif de faire une revue des plus importants progrès technologiques pour montrer à la fois leurs conséquences potentielles sur le contrôle des armes légères et les obstacles à l'exploitation de leur plein potentiel.

Quand on les examine du point de vue des mesures de contrôle, les progrès technologiques brouillent les délimitations convenues entre les différentes

phases du cycle de vie des armes et des munitions. Certaines des technologies utilisées pour prévenir l'usage non autorisé des armes légères sont aussi conçues pour servir d'interface principale pour la gestion des stocks et les systèmes de sécurité informatisés. Et lesdits systèmes informatisés sont aussi le lieu de stockage de données essentielles pour le traçage des armes perdues, volées ou détournées.

Certaines des technologies étudiées dans ce chapitre sont nouvelles, mais la plupart ont été développées il y a longtemps et sont fréquemment utilisées dans d'autres secteurs. Mais, parce que les producteurs et utilisateurs d'armes légères et de petit calibre ont mis du temps à les adopter, elles sont considérées comme nouvelles dans le contexte de la gestion du cycle de vie de ces armes. Plusieurs des déterminants de ce décalage temporel sont identifiés et expliqués ci-après.

Ce chapitre comprend tout d'abord une évaluation des technologies nouvelles et sous-utilisées dans les domaines du marquage, de la conservation des données et du traçage; de la PSSM; et de la prévention des usages non autorisés des armes légères et de petit calibre. L'auteur évoque brièvement les changements importants susceptibles d'améliorer les performances ou le degré d'utilisation de ces technologies. Dans un second temps, il identifie quelques-uns des obstacles à leur généralisation et conclut en émettant des observations relatives aux limites inhérentes aux nouvelles technologies – et, plus généralement, à toutes les technologies – utilisées pour prévenir les vols, les pertes et l'utilisation non autorisée des armes légères.

Le marquage, la conservation des données et le traçage

Le PoA reconnaît l'importance du marquage, de la conservation des données et du traçage² dans la lutte contre le commerce illicite des armes légères; il consacre plusieurs paragraphes à ces activités (AGNU, 2001, par. II(7)-(10)). Plus important encore, les rédacteurs du PoA ont lancé un processus qui a abouti à l'adoption de l'Instrument international de traçage (ITI)³ en 2005 (AGNU, 2001, par. IV(1)c). L'ITI exige des gouvernements qu'ils procèdent au marquage des armes légères et de petit calibre au moment de leur fabrication et, dans la mesure du possible, au moment de leur importation (AGNU, 2005, par. III(8)

a et III(8)b); qu'ils « veillent à ce que soient établis des registres précis et détaillés de toutes les armes légères et de petit calibre marquées » (par. IV(11)); et qu'ils établissent un système de traçage des armes illicites et soient en mesure de répondre aux demandes de traçage émanant d'autres gouvernements (par. V(14)).

Les forces de l'ordre utilisent les marquages apposés sur les armes légères et de petit calibre pour tracer les armes saisies et volées et identifier leur dernier détenteur (autorisé) connu. Pour dissimuler l'origine de leurs armes à feu, certains criminels tentent de falsifier leur numéro de série ou les autres marquages qu'elles portent. Les forces de l'ordre sont souvent, mais pas toujours, en mesure de récupérer les marquages altérés. Quand ces derniers sont irrécupérables, les forces de l'ordre peuvent recourir aux marquages apposés sur des zones non visibles des armes concernées⁴.

Les armes légères et de petit calibre peuvent être marquées au moyen de techniques relevant de deux types d'approches : la déformation et la gravure (ou soustraction de matière). La première approche rassemble des méthodes de marquage qui déforment la surface du matériau, soit par compression soit par impact. La plus commune de ces méthodes de marquage par déformation est l'estampage. Parmi les autres méthodes, on peut citer la micropercussion (*dot peen* ou *pin stamping* en anglais). Les méthodes de type « gravure » supposent le retrait d'une partie de la surface du matériau de fabrication par des moyens mécaniques (outils de coupe à diamant, aiguilles en acier trempé ou outils de coupe rotatifs en carbure) ou laser (dont les lasers à fibre et les lasers à pompage par diode) (Persi Paoli, 2010, p. 2-5).

Ce chapitre ne procède pas à une comparaison exhaustive des avantages et inconvénients des méthodes de marquage susmentionnées, lesquels sont recensés dans d'autres publications (voir Persi Paoli, 2010). En bref, les machines utilisées pour l'estampage et la micropercussion sont généralement moins coûteuses et moins consommatrices en énergie que les machines de marquage au laser. De plus, les marquages apposés par estampage sont plus faciles à récupérer quand ils sont détériorés que ceux qui sont faits par d'autres types de machines. Le marquage au laser, la méthode la plus rapide, est souvent mieux adapté au processus de marquage des armes complètement assemblées (Persi Paoli, 2010, p. 9-10). Quand on prend le cycle de vie complet des armes en considération, on peut affirmer que les machines laser occasionnent souvent

des coûts moindres parce qu'elles ont une durée de vie longue, nécessitent peu de maintenance et affichent un taux d'erreur faible⁵. Généralement, les lasers sont, en outre, mieux adaptés au marquage des polymères (plastiques) (AGNU, 2014, par. 22 ; Persi Paoli, 2010, p. 10).

Le domaine du marquage n'a pas connu de révolution technologique récente. Le prix des machines de marquage au laser a baissé, et il semble que leur fiabilité se soit améliorée⁶. Selon un représentant de ce secteur, la maintenance des machines de marquage au laser ne nécessite généralement qu'une visite annuelle d'une demi-journée, laquelle s'effectue souvent durant un jour férié, pour ne pas interrompre la production⁷. Le prix de ces machines a davantage baissé que celui des autres machines de marquage, mais il faut encore déboursier entre 15 000 et 80 000 euros (18 700 à 100 150 dollars US) en fonction de la machine et de la difficulté de son intégration dans le processus de production⁸.

En revanche, les marquages eux-mêmes ont connu une évolution notable, tout comme les technologies de scannage connexes, et cette évolution a des conséquences potentielles sur la conservation des données et le traçage. L'entreprise Traceability Solutions, par exemple, propose un système de marquage et d'enregistrement des armes et de récupération des données connexes sous la forme de codes bidimensionnels dits « data matrix » (voire l'image 1)⁹.



Image 1. **Code data matrix 2D.**

© Traceability Solutions

Traceability Solutions affirme que son code data matrix est capable de véhiculer des informations détaillées sur l'arme, mais, pour qu'il soit le plus petit et le plus facile à lire possible, il revêt souvent la forme d'une « empreinte numérique industrielle » à 12 chiffres générée aléatoirement. Cette empreinte est la référence à partir de laquelle on peut établir un lien avec les informations relatives à chaque arme – dont la marque, le modèle, le pays de fabrication et le numéro de série – qui ont été stockées dans les bases de données appropriées. Par l'intermédiaire d'un scanner DPM (*direct part marking* – marquage direct des pièces), une arme à feu ainsi marquée peut être reliée à la personne à qui elle a été confiée, à son certificat de compétence, à sa dotation en munitions et à d'autres informations pertinentes. Les empreintes de ce type existent depuis plus de 10 ans, mais les scanners utilisés pour les lire n'étaient pas fiables. Il semble toutefois que ces systèmes soient devenus plus conviviaux grâce aux progrès des technologies de scannage et des logiciels de stockage des données¹¹. Dans le cadre de l'application des dispositions de l'ITI, il convient de signaler une autre évolution technologique : le micro-estampage. Ce procédé permet d'inscrire un code unique et traçable sur une ou plusieurs pièces d'une arme à feu puis de l'appliquer sur les munitions au moment du tir (Chumbley *et al.*, 2012, p. 145-146). L'une des techniques courantes consiste à graver de petits symboles sur le percuteur au moyen d'un laser haute puissance, lesquels sont ensuite apposés sur l'étui de la cartouche par ledit percuteur au moment du tir. Parmi les autres techniques de micro-estampage (qui peuvent se substituer à la première, ou la compléter), on peut aussi évoquer le marquage d'autres composants de l'arme, comme le canon (Cork *et al.*, 2008, p. 262-263).

En principe, le micro-estampage permet aux enquêteurs d'identifier les munitions tirées et de les relier aux armes utilisées pour commettre des actes criminels même quand ils ne disposent pas des armes en question, mais aussi d'identifier le dernier acheteur connu de l'arme à feu repérée (Cork *et al.*, 2008, p. 255 ; AGNU, 2014, par. 26). À condition qu'il soit possible de lire les codes sans disposer d'un équipement ou d'une expertise balistique spécifique, la généralisation du micro-estampage pourrait réduire l'énorme charge de travail que doivent actuellement absorber les experts en balistique (Chumbley *et al.*, 2012, p. 147).

Ces technologies sont prometteuses pour la conservation des données et le traçage, puisqu'elles permettent aux enquêteurs d'obtenir, de sauvegarder et de retrouver les données clés relatives à chaque arme à feu présente dans un dépôt donné, à l'utilisateur autorisé à qui elle a été confiée et à son historique d'utilisation. En généralisant ces systèmes, il serait possible d'améliorer considérablement le traçage des armes perdues, saisies ou volées et, donc, de rendre les utilisateurs finaux plus responsables. Toutefois, il est nécessaire de disposer de ressources et d'une expertise pour exploiter tout le potentiel de ces technologies. Par exemple, les agences gouvernementales qui souhaitent mettre en place un processus efficace de recueil, de stockage et de récupération des données de micro-estampage devront soit créer de nouvelles bases de données soit reconfigurer ou réalimenter leurs bases de données existantes. Comme nous le verrons dans la suite de ce chapitre, les agences gouvernementales ne disposent pas toutes de la même capacité à intégrer de nouvelles données dans leur infrastructure informatique, ce qui peut poser des problèmes considérables dans certains pays.

La sécurité physique et la gestion des stocks

Pour se conformer aux exigences du PoA, les États membres de l'ONU doivent veiller à ce que les forces de sécurité « définissent des normes et procédures appropriées et détaillées de gestion et de sécurisation de leurs stocks » d'armes légères et de petit calibre. Ces normes et procédures doivent porter notamment sur les points suivants : « mesures physiques de sécurité ; contrôle de l'accès aux stocks ; inventaire et tenue des registres ; [. . .] responsabilité et contrôle des armes légères détenues ou transportées par des unités opérationnelles ou du personnel autorisé » (AGNU, 2001, par. II(17)). Ces dispositions traduisent les inquiétudes, fondées, des gouvernements à propos de la sécurité des armes légères et de petit calibre qui sont perdues, volées ou pillées par milliers chaque année.

En théorie, plusieurs technologies pourraient améliorer la gestion et la sécurisation des stocks, conformément aux dispositions du PoA. Ces technologies ont été conçues pour prévenir tout accès non autorisé aux armes

stockées, pour améliorer la précision des inventaires, pour effectuer un suivi de l'utilisation des armes et pour surveiller et protéger les armes en transit. Baselock, par exemple, est un système de stockage des armes de poing conçu par l'entreprise Armatix. Il est composé d'un ou plusieurs modules équipés d'un système de verrouillage mécatronique, d'un scanner d'empreintes digitales et d'un pavé numérique tactile. Selon Armatix, ces modules peuvent être installés dans des dépôts – posés au sol, posés sur des étagères ou accrochés au mur – ou dans des véhicules de transport. Les armes sont rendues inopérantes par un composant du système de verrouillage inséré dans leur canon, jusqu'au moment où l'utilisateur tape un code d'accès, touche le scanner d'empreintes digitales ou enclenche un transpondeur distant. Le personnel d'un dépôt ainsi équipé peut utiliser Baselock à partir du système informatique du dépôt pour contrôler l'accès aux armes stockées, faire le suivi des retraits et restitutions d'armes effectués par le personnel autorisé et accéder rapidement aux données et documents relatifs aux armes (Armatix, n.d.a. ; n.d.b.)¹². L'entreprise malaisienne HeiTech Defence Systems propose un produit similaire baptisé Weapons Management & Surveillance System (système de gestion et de surveillance des armes). Il combine des bases de données en réseau, des râteliers d'armes, des systèmes de surveillance infrarouge et vidéo, ainsi que des capteurs fixés au canon des armes et des systèmes de verrouillage pour permettre le contrôle du stockage et du déploiement des armes à feu (HeiTech Defence Systems, n.d.).

Parmi les autres technologies envisageables pour sécuriser les stocks et gérer l'inventaire, on peut citer les coffres-forts biométriques pour armes¹³, les logiciels de suivi des inventaires et des ventes d'armes à feu¹⁴ et les systèmes de verrouillage/déverrouillage de la détente par empreinte digitale¹⁵. Nombre de ces produits sont relativement peu onéreux et peuvent être achetés sur de multiples sites internet. On peut par exemple trouver des coffres-forts biométriques pour 100 dollars US sur le site de vente en ligne américain Amazon (Amazon.com, n.d.).

La capacité des forces de sécurité à assurer le suivi et le traçage des armes légères et de petit calibre pendant leur transport dépend également de leurs outils informatiques et des évolutions technologiques dans ce domaine. Le Defense Transportation Tracking System (DTTS) de l'armée américaine en est

un exemple. Ce système a été introduit en 1989 et amélioré par la suite. Par l'intermédiaire de ce système, l'armée américaine assure, quotidiennement et quasiment en temps réel, le suivi de 150 à 300 expéditions de marchandises sensibles, dont des armes légères et des munitions, depuis leur origine jusqu'à leur destination grâce à des satellites et d'autres technologies de la communication (Miles, 2012). Le DTTS puise dans plus de 400 bases de données du monde entier pour surveiller la circulation routière et les accidents, la météo et d'autres facteurs susceptibles d'influencer les délais d'acheminement, les itinéraires ou la sécurité des cargaisons. Dans certains cas, les opérateurs du DTTS ont accès aux images de caméras de surveillance de la circulation routière qui se trouvent sur le trajet prévu (GeoDecisions, 2007 ; n.d. ; voir l'image 2).

Grâce aux mises à jour du système, l'armée américaine peut suivre les cargaisons acheminées par différents modes de transport (routier, ferroviaire ou maritime) et détecter toute ouverture de la porte ou tout détachement de la remorque d'un camion (Johnson, 2010), lesquels peuvent indiquer la survenue d'une tentative de vol ou de détournement. Les mécanismes de sécurisation des armes, comme Quicklock16, peuvent aussi être utiles durant le transport des armes, notamment dans les environnements à risque où les armes sont particulièrement vulnérables — par exemple, les zones de conflit (Armatix, n.d.c).

La PSSM (sécurité physique et gestion des stocks) en transit peut aussi être mise en œuvre grâce à la technologie RFID (identification par radiofréquence). Les étiquettes et les bandes RFID sont, à l'heure actuelle, utilisées pour surveiller, enregistrer et tracer les déplacements physiques d'une grande quantité de bien militaires et commerciaux, dont les cargaisons d'armes et de munitions (AGNU, 2014, par. 26 ; Persi Paoli, 2011)¹⁷. Comme les autres technologies évoquées dans ce chapitre, la RFID a des applications militaires et commerciales depuis de nombreuses années¹⁸. Il serait toutefois possible de surveiller et de tracer plus facilement les cargaisons d'armes légères et de petit calibre en adaptant cette technologie à de nouveaux usages. Par exemple, des chercheurs australiens ont conçu un prototype de scellé électronique équipé d'une puce RFID qui permet aux exportateurs de suivre efficacement un grand nombre de caisses individualisées d'armes légères et de munitions et de surveiller l'intégrité physique des scellés apposés sur ces caisses. En d'autres termes, les scanners RFID peuvent détecter instantanément le bris ou toute autre

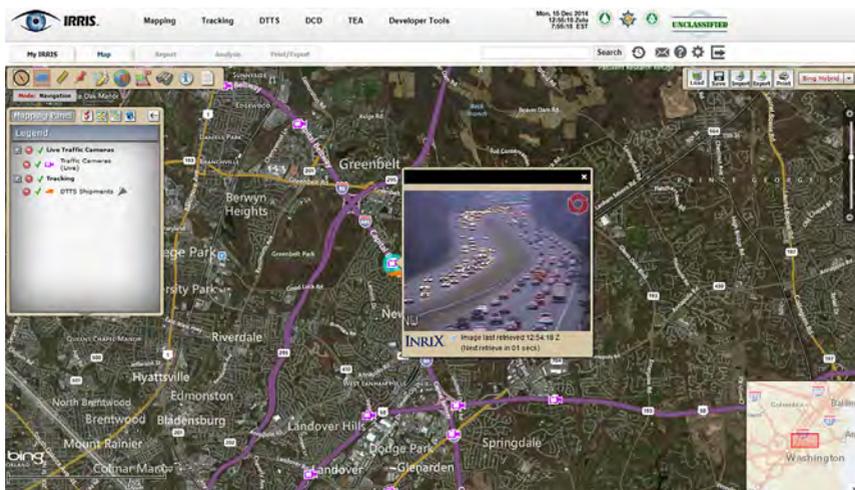


Image 2. Capture d'écran du système d'information intelligent route/rail (Intelligent Road/Rail Information System). © GeoDecisions (n.d.)

dégradation du scellé électronique de chacune des caisses d'une cargaison, ce qui pourrait indiquer la survenue d'une tentative de vol ou de détournement (Cole et Hu, 2011.) Plus la détection d'un accès non autorisé sera rapide, plus le transporteur d'une cargaison sera capable d'empêcher les voleurs de perpétrer impunément leur forfait.

Le contrôle de l'utilisation finale

Les dispositifs de prévention de l'usage non autorisé des armes légères et de petit calibre ont vocation à empêcher les criminels et toute autre personne non autorisée d'utiliser des armes de contrebande ou des armes qui ont été détournées. Ces dispositifs, ou mécanismes de sécurité à commande électronique (electronically controlled safety mechanisms – ECSM) relèvent, pour la plupart, de deux catégories : les dispositifs biométriques et les dispositifs à jetons. Les technologies biométriques « utilisent certaines des caractéristiques distinctives de chaque individu comme des « clés » permettant d'identifier les utilisateurs autorisés » (Greene, 2013, p. 24-27, traduction proposée par le Small Arms Survey). Parmi celles qui sont utilisées par les ECSM biométriques, on

peut citer les scanners d'empreintes digitales ou palmaires ; la reconnaissance de la présence de la main de l'utilisateur autorisé sur la poignée de l'arme, de sa voix ou de son visage ; et la spectroscopie de la peau.

Les technologies d'identification par jeton (*token*) diffèrent des technologies biométriques en ce que le dispositif qui permet d'activer l'arme est contenu dans un objet distinct et personnalisable, appelé jeton ou *token*. La plupart des ECSM à jetons sont fondés sur la technologie RFID, et se composent d'un lecteur et d'étiquettes RFID. En règle générale, le lecteur est intégré dans l'arme à feu et l'étiquette dans un *token* qui peut prendre de multiples formes, comme celle d'une bague, d'un gant, d'un bracelet ou d'une montre-poignet (Greene, 2013, p. 24-25, 38, 47).

On peut légitimement penser que la généralisation des ECSM permettrait d'accomplir une partie des progrès attendus dans le cadre du PoA, notamment en limitant le nombre d'utilisations non autorisées – et, par extension, le trafic – des armes de petit calibre et de certaines armes légères. Elle pourrait aussi réduire le nombre de blessures et de décès parmi les membres des forces de sécurité causés par des assaillants qui se seraient emparés de leur arme (ou de celle d'un autre membre des forces de sécurité). Les ECSM peuvent également réduire, par leurs vertus dissuasives, le nombre de vols d'armes à feu détenues par des membres des forces de sécurité ou tout autre utilisateur autorisé, mais aussi prévenir l'usage non autorisé des armes perdues. En pratique, l'effet réel des ECSM sur le trafic d'armes et sur leur usage non autorisé dépend de différents facteurs, dont la capacité de ces dispositifs à résister aux tentatives de contournement ou de mise en échec, le degré de sécurisation des *tokens* et des codes PIN des technologies d'authentification par token, et le taux de faux positifs²⁰ des technologies biométriques. On peut par exemple penser qu'un pistolet semi-automatique n'aurait que peu de valeur aux yeux des trafiquants d'armes ou de leurs clients s'il est équipé d'un ECSM biométrique dont les composants ne peuvent être retirés sans détruire l'arme et qui a un taux de faux positifs très bas²¹.

Nombre des technologies précédemment évoquées sont abondamment utilisées dans d'autres secteurs industriels, et cela fait au moins vingt ans que l'on tente de les introduire dans le domaine des armes à feu. Toutefois, à ce jour, les ventes d'armes à feu équipées d'un ECSM sont rares. D'autres

technologies prometteuses devraient voir le jour, mais elles ne seront disponibles à la vente que dans de nombreuses années. Sur les 13 ECSM dont le National Institute of Justice a évalué la maturité technologique en 2013, trois seulement ont été classés dans la catégorie « prototype avancé ou modèle prêt à produire »²². Les dix autres dispositifs ont été jugés moins matures sur le plan technologique (Greene, 2013, p. 27-33), et certains d'entre eux ont même été délaissés depuis des années faute de financement ou de demande perçue. Ces treize axes de recherche donneront peut-être un jour des produits viables du point de vue commercial, mais cela reste incertain.

Même les ECSM les plus avancés du point de vue technologique peinent à s'imposer tant dans l'armée et les forces de l'ordre que sur les marchés commerciaux. Comme nous le verrons ci-après, les raisons susceptibles d'expliquer ces difficultés sont multiples si l'on en croit la littérature existante et les représentant-e-s du secteur interrogé-e-s dans le cadre de la préparation de ce chapitre.

Les obstacles à l'adoption des technologies nouvelles ou sous-utilisées

Les obstacles à l'adoption généralisée et au bon usage des technologies précédemment évoquées sont multiples. Certains sont propres à l'adoption de ce type de technologies dans tous les secteurs, et d'autres sont propres aux seuls ECSM. Cette section est une brève synthèse de ces différents obstacles.

Les coûts et limites budgétaires sont des facteurs que l'on retrouve, à différents degrés, dans tous les cas d'adoption des technologies précédemment mentionnées. L'assemblage, le fonctionnement et la mise à jour de certains systèmes, comme le DTTS américain, coûtent plusieurs millions de dollars US. Les armées de plus petite taille ou disposant de ressources financières limitées éprouveraient les plus grandes difficultés à répliquer ce type de systèmes. D'autres technologies, moins coûteuses que le DTTS, nécessitent tout de même un investissement important. Pour acquérir et installer le système Baseload d'Armatix, par exemple, il faut investir entre 300 et 800 euros par arme à feu (soit entre 300 et 1 000 dollars US environ)²³. Ces coûts peuvent être compensés, à moyen et long terme, par une baisse du coût de la main-d'œuvre,

mais l'investissement initial reste considérable, et l'adoption d'un système de ce type est souvent repoussée jusqu'au moment où l'on jugera nécessaire d'entreprendre une rénovation de l'ensemble des infrastructures physiques de sécurité.

Les coûts associés au micro-estampage sont, eux aussi, assez élevés. Il faut, en effet, tenir compte des coûts directs, comme l'achat et la maintenance de l'équipement de marquage, la formation des opérateurs des machines de marquage et l'optimisation des marquages pour chaque modèle d'arme à feu, mais aussi des coûts indirects, comme les effets du micro-estampage sur les processus et taux de production (Chumbley *et al.*, 2012, p. 146).

De plus, le prix (plus élevé) des armes à feu équipées d'un ECSM peut compromettre leur compétitivité et diminuer les ventes, notamment aux agences gouvernementales. Le pistolet Armatix iP1 – avec la montre-poignet associée – coûte 1 798 dollars US (Rosenwald, 2014c), soit un prix bien plus élevé que la plupart des pistolets conventionnels du marché, dont ceux qui équipent habituellement les agences de sécurité gouvernementales. Le prix unitaire des pistolets iP1 commandés en grande quantité serait vraisemblablement plus bas que le prix de vente au détail, mais on ne sait pour l'instant pas dans quelle mesure les économies d'échelle pourraient ramener le prix des armes à feu équipées d'un ECSM à un niveau qui leur permettrait de faire concurrence aux armes conventionnelles.

L'adoption de ces technologies se heurte également à des obstacles infrastructurels et logistiques. La numérisation et la mise en réseau systématique des inventaires d'armes légères sont des tâches complexes dont la réalisation peut demander plusieurs années. Dans les pays les plus pauvres, la tâche est d'autant plus ardue que les infrastructures physique et informatique sont défaillantes, comme en témoigne le processus de conception et de mise en œuvre du système automatisé de gestion des inventaires mené en Afghanistan. En 2006, l'armée nationale afghane a adopté le Core Inventory Management System (CoreIMS), un système automatisé de gestion des inventaires disponible dans le commerce, qui a été acheté et mis en place avec le soutien du gouvernement américain. Le CoreIMS afghan devait contenir des données sur les armes légères et les autres équipements reçus par l'armée nationale, dont une description de chaque arme associée à son numéro de série, les dates de

réception et de mise en service, et l'unité de l'armée à laquelle elle a été affectée (États-Unis - Inspecteur général du Département de la Défense, 2008, p. 16). Parmi les obstacles à la bonne mise en place et au bon fonctionnement du CoreIMS et des autres systèmes automatisés en Afghanistan, on peut citer le manque de régularité et de fiabilité du réseau électrique, l'inadéquation de l'infrastructure informatique et le faible taux d'alphabétisation (États-Unis - Inspecteur général du Département de la Défense, 2008, p. 59). Selon les inspecteurs militaires américains qui ont analysé le fonctionnement d'un dépôt afghan en 2009, les gestionnaires de l'inventaire perdaient l'accès au système pendant les coupures de courant, lesquelles sont « fréquentes, voire quotidiennes, sur tout le territoire afghan ». Ils ont aussi noté que le manuel d'utilisation du système d'inventaire était d'une utilité toute relative compte tenu du taux d'analphabétisme local (États-Unis - Inspecteur général du Département de la Défense, 2009, p. 15-16).

De ce fait, notamment, l'armée nationale afghane n'avait pas encore réussi à terminer l'inventaire de ses armes légères huit ans après l'installation du CoreIMS (États-Unis - SIGAR, 2014, p. 7). Plus grave encore, la police nationale afghane ne dispose toujours pas d'un système automatisé de gestion de l'inventaire de ses armes, et utilise encore « une combinaison d'enregistrements papier écrits à la main et de feuilles de calcul Microsoft Excel ». En 2010, des membres du Département de la défense des États-Unis et leurs homologues des forces nationales de sécurité afghanes ont travaillé à la conception d'un système automatisé pour la police, mais il n'avait toujours pas été déployé en 2014, et aucune date n'avait été fixée pour sa mise en œuvre (États-Unis - SIGAR, 2014, p. 6).

Ces problèmes ne sont pas propres à l'Afghanistan. Dans de nombreux pays en développement, les obstacles à la numérisation et à la mise en réseau des données relatives aux armes légères sont aussi insurmontables qu'en Afghanistan, voire plus. Dans certains pays africains, les armes sont stockées dans des huttes, des écoles abandonnées ou dans des cabanes en tôle ondulée (Schroeder, 2013, p. 41). Souvent, ces bâtiments ne sont pas alimentés régulièrement en électricité et leur personnel ne dispose ni de l'équipement ni des logiciels ni de l'expertise informatique requis pour créer des réseaux comparables à ceux des pays développés, ou pour en assurer la maintenance. Souvent, les pays les

plus pauvres donnent logiquement la priorité aux fondamentaux de la PSSM plutôt qu'à la création d'un système informatisé de gestion des inventaires.

L'exploitation du potentiel de ces nouvelles technologies se heurte également au cloisonnement des données relatives aux stocks d'armes dont dispose chaque agence gouvernementale. Souvent, les données liées aux codes-barres, aux codes matriciels et aux autres codes apposés sur les armes qui peuvent être lus par des machines ne sont accessibles qu'aux agences compétentes (c'est-à-dire celles qui ont attribué les armes ou qui en sont responsables), alors que les marquages alphanumériques qui sont couramment utilisés peuvent être lus par tout le monde. Quand une autorité quelconque tente de procéder au traçage d'une arme utilisée pour commettre un acte criminel qui est marquée au moyen d'un code matriciel, elle peut théoriquement accéder à de nombreuses données sur le lieu et le moment de son détournement, mais seulement si les enquêteurs peuvent identifier l'agence compétente et coopérer avec elle. De ce fait, les marquages alphanumériques conventionnels restent essentiels.

Par ailleurs, la maturité et la fiabilité des nouvelles technologies peuvent être mises en doute, ce qui peut dissuader certaines personnes et certaines institutions de les adopter. Ces questions de maturité et de fiabilité sont particulièrement importantes pour les ECSM. Certains craignent que ces dispositifs soient rendus inopérants sur le champ de bataille en fonction des conditions physiques du déploiement ou en cas de défaillance des batteries, d'interférences électromagnétiques ou de sabotage²⁴ (Haubursin, 2014). Ces craintes ont été résumées comme suit par James Pasco, directeur général de l'Ordre national fraternel de la police, basé à Washington DC, dans une déclaration faite à United Press International en 2014 : « on ne peut pas envisager que [les armes à feu équipées d'un ECSM] fonctionnent seulement 95 % du temps, [...] personne ne dégaine une arme sans en avoir un besoin impérieux. Et si vous en avez un besoin impérieux, vous ne pouvez pas vous permettre de prendre le risque qu'elle ne fonctionne pas » (Haubursin, 2014, traduction proposée par le Small Arms Survey). Selon des représentant-e-s du secteur, les fabricants d'ECSM tentent de résoudre ces problèmes, mais ils se heurtent au fait qu'il n'existe pas de normes claires et spécifiques en matière de fiabilité de ces dispositifs²⁵.

Dans la même logique, la fiabilité du micro-estampage en tant qu'outil de maintien de l'ordre a été remise en question. Selon certains analystes, les codes figurant sur les munitions marquées sont fréquemment illisibles et la technologie peut être « aisément contournée au moyen d'outils rudimentaires » ou en remplaçant le composant gravé par un composant non gravé (NSSF, 2013)²⁶. D'après une étude récente, les armes testées étaient, certes, capables de transférer les marques optimisées apposées par micro-estampage sur la plupart des munitions utilisées, mais le taux de transfert était plus bas pour certains modèles d'armes à feu, et encore moins bon en cas de présence de vernis sur les munitions²⁷ (Chumbley *et al.*, 2012, p. 149, 153). Certains critiques ont également affirmé qu'il était trop facile de contourner ce type d'identification ou de détruire les codes apposés. Les criminels peuvent simplement remplacer le percuteur ou d'autres composants gravés, ou encore utiliser des outils tout à fait communs pour altérer les identifiants. Ce problème pourrait être résolu, mais seulement en partie, en plaçant des identifiants sur plusieurs composants (Chumbley *et al.*, 2012, p. 146).

Par ailleurs, on peut aussi expliquer la lenteur de l'implantation de certaines de ces technologies, dont les ECSM pour armes à feu, par l'opposition de certains groupes politiques ou groupes de consommateurs. L'influence de cette opposition est particulièrement visible aux États-Unis, où des militants s'efforcent de lutter contre les armes de poing équipées d'ECSM. Les armuriers de Californie et du Maryland ont, par exemple, arrêté de vendre l'iP1 d'Armatix après avoir reçu des menaces de violences physiques et de boycott de leurs établissements émises par des militants pro-armes, qui craignaient que les armes de poing équipées d'ECSM entraînent une interdiction de la vente des armes qui n'en serait pas équipées (Rosenwald, 2014a; 2014b). Ces militants avaient notamment été échaudés par une loi adoptée dans l'État du New Jersey qui exigeait des armuriers qu'ils vendent exclusivement des armes de poing personnalisées (équipées d'un ECSM) dans un délai de trois ans après le début de la mise en vente de ces armes sur l'ensemble du territoire américain (État du New Jersey, 2002)²⁸. Les législateurs de Californie et du Congrès des États-Unis ont déposé des projets de loi qui contenaient des dispositions similaires, ce qui a nourri les craintes de voir l'interdiction promulguée dans le New Jersey s'étendre à d'autres États, voir à l'échelon fédéral.

L'adoption de nouvelles technologies est aussi compromise par la nature conservatrice de l'armée et des agences du maintien de l'ordre, et par la traditionnelle lenteur de l'évolution des technologies applicables aux armes à feu. « Nous travaillons dans un domaine qui a connu peu d'évolutions technologiques en 120 ans », a déclaré un représentant de ce secteur²⁹. Il n'y a donc rien d'étonnant à ce que la transition vers une nouvelle génération de produits prenne plus de temps que dans d'autres secteurs, qui connaissent des bonds technologiques incessants et rapides³⁰.

En outre, on peut aussi expliquer la faiblesse de la demande en armes équipées d'ECSM par l'étroitesse de la gamme disponible. Le pistolet iP₁ d'Armatix n'est actuellement disponible qu'en calibre .22, un calibre rarement utilisé par les forces de police. De même, le système Intelligun de Kodiak Industry ne fonctionne qu'avec les modèles d'armes de poing du type 1911. Ces deux entreprises tentent apparemment d'élargir leur gamme de produits, ce qui pourrait rendre les armes équipées d'ECSM plus attrayantes. Toutefois, elles seront toujours en concurrence avec des marques qui ont fait leurs preuves et jouissent d'une grande popularité parmi les membres des forces de l'ordre.

Enfin, il convient de noter que les nouvelles technologies n'ont que peu d'influence sur la disponibilité et l'utilité des armes légères illicites, notamment parce que ces armes circulent déjà en très grandes quantités à l'échelle mondiale, et qu'elles sont très peu nombreuses à être équipées d'un ECSM, à porter des marquages apposés par micro-estampage ou à avoir été entrées dans un système informatisé de gestion des inventaires. Étant donné les limites propres aux stratégies de récupération des armes et la longue durée de vie de la plupart des armes légères, on peut légitimement affirmer que les armes illicites actuellement en circulation pourront encore servir aux criminels pendant plusieurs dizaines d'années.

Conclusion

Grâce aux technologies nouvelles et sous-utilisées de marquage, de sécurisation et de traçage des armes légères et de petit calibre, il serait possible de réduire le nombre d'armes volées, perdues ou détournées, mais aussi de limiter leur utilité quand elles sont passées dans la sphère illicite. À ce jour, toutefois, ces

technologies n'ont pas fait l'objet d'une adoption généralisée dans le secteur, notamment à cause de contraintes de coûts, de budget, d'infrastructure nationale et de fiabilité. Nombre de ces contraintes sont particulièrement prononcées dans les pays les plus pauvres, dont les forces de sécurité et les autres acteurs concernés adoptent les nouvelles technologies à un rythme beaucoup plus lent parce qu'ils disposent de budgets insuffisants et d'une infrastructure informatique rudimentaire, voire inexistante.

Mais même les agences gouvernementales les mieux pourvues en ressources financières et technologiques sont dans l'incapacité de sécuriser efficacement toutes leurs armes en tout temps. Selon un audit du contrôle des armes à feu dans 18 agences fédérales américaines de maintien de l'ordre, l'équipe de vérification a noté un nombre non négligeable de cas de stockage inadapté, de retards dans le signalement des pertes et des vols d'armes et d'imprécisions dans le contrôle des inventaires ; les trois quarts des 243 armes perdues ou volées entre 2006 et 2008 dans deux des agences évaluées l'ont été à cause d'erreurs de stockage. Certaines de ces armes ont été, plus tard, confisquées à des criminels et à des membres de gangs (États-Unis – Inspecteur général du Département de la sécurité intérieure, 2010, p. 6, 10)³¹. Cet exemple met en lumière les limites inhérentes à toute technologie de contrôle des armes légères, et montre à quel point tous les pays doivent faire preuve d'une vigilance constante en matière de marquage, de traçage et de PSSM, même quand ils disposent d'une solide infrastructure informatique et des technologies les plus avancées. 📌

Notes

- 1 Nom complet : Programme d'action des Nations unies en vue de prévenir, combattre et éliminer le commerce illicite des armes légères sous tous ses aspects (« Programme d'action »). Voir AGNU (2001).
- 2 Ce chapitre utilise la définition du « traçage » donnée dans l'Instrument international de traçage : « le suivi systématique des armes légères et de petit calibre illicites trouvées ou saisies sur le territoire d'un État, à partir du point de fabrication ou du point d'importation, tout au long de la filière d'approvisionnement jusqu'au point où elles sont devenues illicites » (AGNU, 2005, par. 5).
- 3 Nom complet : Instrument international visant à permettre aux États de procéder à l'identification et au traçage rapides et fiables des armes légères et de petit calibre illicites (« Instrument international de traçage »). Voir AGNU (2005).

- 4 Correspondance avec un membre des forces de l'ordre, octobre 2014.
- 5 Entretiens avec des représentant-e-s du secteur, 1^{er} et 15 mai 2014.
- 6 Entretiens téléphoniques avec des représentant-e-s du secteur, 1^{er} et 15 mai 2014.
- 7 Entretien téléphonique avec un représentant du secteur, 15 mai 2014.
- 8 Entretiens téléphoniques avec des représentant-e-s du secteur, 1^{er} et 15 mai 2014.
- 9 Un code matriciel est un « ensemble bidimensionnel de données de forme carrée ou ronde constituée de rangs et colonnes contigües. Il s'agit d'un code binaire dans lequel les cellules foncées prennent la valeur "1" et les cellules claires la valeur "0". La lecture des cellules se fait de gauche à droite, et de haut en bas » (Cook et Bruno, 2008, p. 276).
- 10 Entretien téléphonique avec un représentant du secteur, 1^{er} mai 2014. Selon un représentant du secteur, ce code a ceci de plus intéressant qu'un numéro de série qu'il est unique. Contrairement au numéro de série qui est parfois apposé sur plusieurs armes par des fabricants différents, ou sur plusieurs modèles d'armes par le même fabricant, l'empreinte industrielle à 12 chiffres ne sera portée par aucune autre arme.
- 11 Entretien téléphonique avec un représentant du secteur, 1^{er} mai 2014. Voir aussi Traceability Solutions (n.d.a ; n.d.b).
- 12 À l'heure actuelle, le système Baselock n'est compatible qu'avec des armes de poing. Armatix propose un système de râteliers pour armes longues baptisé Gun-rack HS, ainsi qu'un mécanisme autonome de sûreté mécatronique baptisé Quicklock (Armatix, n.d.a ; n.d.b).
- 13 Voir, par exemple, Barska (n.d.) et GunVault (n.d.).
- 14 Voir, par exemple, Sports South LLC (n.d.).
- 15 Voir, par exemple, Sentinl (2014).
- 16 Quicklock est composé d'un dispositif de blocage et d'une clé numérique. Le dispositif de blocage est inséré dans la chambre de l'arme, et se verrouille en place. Pour ôter le dispositif, l'opérateur utilise une clé numérique pour entrer un code PIN ou scanner son empreinte digitale. Selon le fabricant, « des dispositifs de blocage sont disponibles pour tous les calibres conventionnels qui existent sur le marché » (Armatix, n.d.c., traduction proposée par le Small Arms Survey).
- 17 Voir AGNU (2014, p. 6) et Persi Paoli (2011).
- 18 Voir par exemple, Gouvernement du Canada (2012).
- 19 On peut aussi désigner ces technologies et les armes qui les utilisent par les termes suivants : « armes à feu personnalisées ou personnalisables » ou « moyens techniques de contrôle de l'utilisation » « armes à feu autorisées par leur utilisateur » (Greene, 2013, p. 7-8). NDT : il s'agit de traductions de termes anglais qui ne sont pas nécessairement utilisées dans les textes français sur le sujet. On y trouvera plutôt les suivants : « armes à reconnaissance biométrique », « armes biométriques ou « armes intelligentes ».
- 20 Dans ce contexte, le « taux de faux positifs » est le taux d'échec d'un ECSM, soit le nombre de fois où il ne parvient pas à empêcher un utilisateur non autorisé à se servir d'une arme, ramené à un pourcentage. Selon le New Jersey Institute of Technology, le prototype d'ECSM qu'il a mis au point est « réglé pour avoir... un taux de faux positifs de 10 % » (Gobinet, 2013, p. 39).
- 21 Selon certains analystes, il existe plusieurs autres approches de réduction de l'usage non autorisé des armes, dont l'installation d'une caméra ou d'un enregistreur audio sur les armes à feu.

- 22 Ces produits sont le fusil de chasse M-20 d'iGun Technology Corporation, le pistolet iP1 d'Armatix GmbH et le système de verrouillage par empreinte digitale Intelligun conçu pour les pistolets de type 1911 et de calibre 9 mm.
- 23 Correspondance avec un représentant du secteur, 4 juin 2014.
- 24 Dans une interview donnée à United Press International, le directeur général de l'association nationale des organisations policières a lancé cet avertissement : « Très bientôt, les criminels seront prêts à allonger les billets pour s'offrir les technologies qui leur permettront de déjouer tous ces mécanismes » (Haubursin, 2014, traduction proposée par le Small Arms Survey).
- 25 Entretien téléphonique avec un représentant du secteur, 14 mai 2014. (Voir aussi Gobinet, 2013, p. 9.)
- 26 Les composants de remplacement sont disponibles en ligne, soit sur le marché noir (voir États-Unis - Service de l'immigration et des contrôles douaniers (2010) ; États-Unis - Cour fédérale du district de Washington ouest (2013) ; États-Unis – Bureau du Procureur du district sud de la Floride (2014)), soit par l'intermédiaire de revendeurs privés qui opèrent légalement dans le contexte peu réglementé de certains pays.
- 27 Chumbley *et al.* ont étudié les identifiants apposés par micro-estampage sur dix types différents de munitions tirées par des armes de trois marques différentes. Ils ont montré que « les armes dont les composants ont été marqués par micro-estampage parvenaient à imprimer des marques lisibles sur la plupart des étuis de cartouches » et que le micro-estampage était, « dans de nombreux cas, une méthode viable pour permettre d'identifier rapidement une arme à feu » (2012, p. 147, 155). Pour des données détaillées sur le transfert d'identifiants selon les armes et les types de munitions, voir Chumbley *et al.* (2012, p. 150-153).
- 28 Selon le paragraphe C.2C:58-2.3b : « Aux fins de cette section, les armes de poing personnalisées seront considérées comme disponibles à la vente au détail à partir du moment où un fabricant au moins aura livré un modèle d'arme de poing personnalisée à un grossiste ou à un revendeur au détail enregistré ou immatriculé dans le New Jersey ou dans tout autre État américain » (État du New Jersey, 2002, c.130, traduction proposée par le Small Arms Survey).
- 29 Entretien téléphonique avec un représentant du secteur, 14 mai 2014.
- 30 Entretien téléphonique avec un représentant du secteur, 14 mai 2014.
- 31 Ces problèmes de PSSM ne sont pas propres aux agences de sécurité américaines, mais ils sont particulièrement bien documentés aux États-Unis parce que le gouvernement fait preuve de plus de transparence que nombre d'autres gouvernements.

Références bibliographiques

- AGNU (Assemblée Générale des Nations Unies). 2001. *Programme d'action en vue de prévenir, de combattre et d'éliminer le commerce illicite des armes légères sous tous ses aspects* (« Programme d'action »). Adopté le 21 juillet. A/CONF.192/15 du 20 juillet.
- . 2005. *Instrument international visant à permettre aux États de procéder à l'identification et au traçage rapides et fiables des armes légères et de petit calibre illicites* (« Instrument international de traçage »). Adopté le 8 décembre. A/60/88 du 27 juin (annexe).
- . 2014. *Évolution récente de la conception des armes légères et de petit calibre et de la technologie employée dans leur fabrication et conséquences pour l'application de l'Instrument international visant à permettre*

aux États de procéder à l'identification et au traçage rapides et fiables des armes légères et de petit calibre illicites. Rapport du Secrétaire général. A/CONF.192/BMS/2014/1 du 6 mai.

- Amazon. n.d. « Stack-On PS-10-B Biometric Personal Safe with Adjustable Shelf, Black ». Product description.
- Armatix. n.d.a. « Baselock: The New Multi-gun Safety Storage Device ».
- . n.d.b. « 21st Century Gun Safety ».
- . n.d.c. « Quicklock: The First Mechatronic Gun Safety The New Multi-Gun Safety Storage Device ».
- Ashkenazi, Michael. 2013. « Smart Guns and Smart People. Technology and its Future ». In Ashkenazi, Michael, Elvan Isikozlu, et Marc Kösling, dir. *Smart Technology in SALW Control: Civilian Protection, the UN-PoA, and Transfer Control (SmartCon)*. Bonn International Center for Conversion (BICC) Brief n° 49. Bonn : BICC.
- Barska. n.d. « Biometric Safes: Security at Your Fingertips ». Informations sur le produit.
- Chumbley, L. Scott, et al. 2012. « Clarity of Microstamped Identifiers as a Function of Primer Hardness and Type of Firearm Action ». *AFTE (Association of Firearm and Toolmark Examiners) Journal*. Vol. 44, n° 2, p. 145-155.
- Cole, Peter et Zhonghao Hu. 2011. « Securing Small Shipments: An RFID E-seal Designed for Ammunition, File or Medical Boxes Can Monitor for Tampering ». *RFID Journal*. 18 juillet.
- Cook, Corey et Thomas Bruno. 2008. « Automatic Identification and Data Capture (AIDC): The Foundation of Military Logistics ». In Clifford Bragdon, dir. *Transportation Security*. Burlington, MA : Elsevier Inc.
- Cork, Daniel, et al. dir. 2008. *Ballistic Imaging*. Washington, DC : National Academies Press.
- États-Unis – Bureau du Procureur du district sud de la Floride. 2014. « Former Hiialeah Police Officer and Wife Sentenced for Dealing in Firearms without a License ». Communiqué de presse. 9 janvier.
- États-Unis - Cour fédérale du district de Washington ouest. 2013. « United States of America v. Nares Lekhakul, Witt Sittikornwanish, Sangsit Manowanna, Wimol Brumme, and Supanee Saenguthai ». Accusation. 31 janvier.
- États-Unis - Inspecteur général du Département de la Défense. 2008. *Assessment of Arms, Ammunition, and Explosives Control and Accountability; Security Assistance; and Sustainment for the Afghan National Security Forces*. Rapport n° SPO-2009-001. 24 octobre. Washington, DC : DOD Special Plans and Operations.
- . 2009. *Assessment of the Accountability and Control of Arms, Ammunition, and Explosives (AA&E) Provided to the Security Forces of Afghanistan*. Report No. SPO-2009-006. 11 septembre. Washington, DC : DOD Special Plans and Operations.
- États-Unis – Inspecteur général du Département de la sécurité intérieure. 2010. *DHS Controls over Firearms*. OIG-10-41. Janvier.
- États-Unis - Service de l'immigration et des contrôles douaniers. 2010. « [Three] Accused of Smuggling Defense Items to Philippines: Ex-Owner of Now Defunct LA-Area Gun Store among Those Charged ». Communiqué de presse. 25 février.
- États-Unis - SIGAR (Inspecteur général spécial pour la reconstruction de l'Afghanistan). 2014. *Afghan National Security Forces: Actions Needed to Improve Weapons Accountability*. SIGAR 14-84-Audit Report. Juillet.
- État du New Jersey. 2002. Public Law 02-130. 23 décembre.
- GeoDecisions. n.d. « IRRIS: Your Eye on Logistics, Transportation, and Homeland Security ».

- . 2007. *IRRIS: Your Eye on Military, Logistics, and Transportation Security*. IRRIS White Paper. 19 janvier.
- Gobinet, Pierre. dir. 2013. « Personalized Firearms and Electronic Safety Devices: Perspectives ». Document de travail préparé à l'occasion de la conférence Smart Technology in SALW Control : Civilian Protection, the UN-PoA, and Transfer Control (SmartCon). Berlin, 17-18 juin.
- Gouvernement du Canada. 2012. « Les technologies RFID et les consommateurs sur le marché de la vente au détail ». Bureau de la consommation. Modifié le 5 décembre.
- Greene, Mark. 2013. *A Review of Gun Safety Technologies*. National Institute of Justice Research Report. Washington, DC : Département de la Justice des États-Unis.
- GunVault. n.d. « Biometric Gun Safes—Fingerprint Pistol Safes ».
- Haubursin, Christophe. 2014. « “Smart” Gun Technology has Promise but Needs to be Reliable, Police Say ». *United Press International*. 19 mars.
- HeiTech Defence Systems. n.d. « Weapons Management & Surveillance System ».
- Intelligun. 2013. Intelligun website.
- Johnson, Erik. 2010. « Eye in the Sky Tracks Explosives in Transit ». Armée des États-Unis. 15 juillet.
- Miles, Donna. 2012. « Logistics Tracking Team Monitors Road Shipment Safety, Security ». *American Forces Press Service*. 11 décembre.
- NSSF (National Sports Shooting Foundation). 2013. « Microstamping Technology: Proven Flawed and Imprecise ». Newtown, CT : NSSF.
- Persi Paoli, Giacomo. 2010. *The Method behind the Mark: A Review of Firearm Marking Technologies*. Issue Brief n° 1. Genève : Small Arms Survey.
- . 2011. *Ammunition Marking: Current Practices and Future Possibilities*. Issue Brief n° 3. Genève : Small Arms Survey.
- Rosenwald, Michael. 2014a. « Calif. Store Backs Away from Smart Guns after Outcry from 2nd Amendment Activists ». *The Washington Post*. 6 mars.
- . 2014b. « Maryland Dealer, under Pressure from Gun-rights Activists, Drops Plan to Sell Smart Gun ». *The Washington Post*. 2 mai.
- . 2014c. « “We Need the iPhone of Guns”: Will Smart Guns Transform the Gun Industry? » *The Washington Post*. 17 février.
- Schroeder, Matt. 2013. *The MANPADS Threat and International Efforts to Address It: Ten Years after Mombasa*. Washington, DC : Federation of American Scientists.
- Sentinel. 2014. « Sentinel Media Kit 2014 ». Détroit : Sentinel. 27 janvier.
- South LLC. n.d. « FMS: Firearms Management System ».
- Traceability Solutions. n.d.a. « Traceability Solutions Assists with their Weapons Registration Project ».
- . n.d.b. « SALW Traceability in Africa ». Présentation PowerPoint.

Liste des publications

Yearbooks

Le yearbook *Small Arms Survey*, publié aux éditions Cambridge University Press, est la publication phare du Small Arms Survey. Cette revue annuelle des questions et thèmes relatifs aux armes légères à l'échelle mondiale est reconnue comme la principale source internationale d'informations impartiales et fiables sur l'ensemble des aspects de la question des armes légères.

La série des Occasional Papers

- 1 *Le réarmement de la Sierra Leone : un an après l'accord de paix de Lomé*, par Eric Berman, décembre 2000
- 2 *Removing Small Arms from Society: A Review of Weapons Collection and Destruction Programmes*, par Sami Faltas, Glenn McDonald, et Camilla Waszink, juillet 2001
- 3 *Legal Controls on Small Arms and Light Weapons in Southeast Asia*, par Katherine Kramer (avec Nonviolence International Southeast Asia), juillet 2001
- 4 *Shining a Light on Small Arms Exports: The Record of State Transparency*, par Maria Haug, Martin Langvandslien, Lora Lumpe, et Nic Marsh (avec NISAT), janvier 2002
- 5 *Stray Bullets: The Impact of Small Arms Misuse in Central America*, par William Godnick, avec Robert Muggah et Camilla Waszink, novembre 2002
- 6 *Politics from the Barrel of a Gun: Small Arms Proliferation and Conflict in the Republic of Georgia*, par Spyros Demetriou, novembre 2002
- 7 *Making Global Public Policy: The Case of Small Arms and Light Weapons*, par Edward Laurance et Rachel Stohl, décembre 2002
- 8 *Small Arms in the Pacific*, par Philip Alpers et Conor Twyford, mars 2003
- 9 *Demand, Stockpiles, and Social Controls: Small Arms in Yemen*, par Derek B. Miller, mai 2003
- 10 *Beyond the Kalashnikov: Small Arms Production, Exports, and Stockpiles in the Russian Federation*, par Maxim Pyadushkin, avec Maria Haug et Anna Matveeva, août 2003
- 11 *In the Shadow of a Cease-fire: The Impacts of Small Arms Availability and Misuse in Sri Lanka*, par Chris Smith, octobre 2003
- 12 *Small Arms in Kyrgyzstan: Post-revolutionary Proliferation*, par S. Neil MacFarlane et Stina Torjesen, mars 2007, ISBN 2-8288-0076-8, également disponible en kirghiz et en russe (first printed as *Kyrgyzstan: A Small Arms Anomaly in Central Asia?*, S. Neil MacFarlane et Stina Torjesen, février 2004)

- 13 *Small Arms and Light Weapons Production in Eastern, Central, and Southeast Europe*, par Yudit Kiss, octobre 2004, ISBN 2-8288-0057-1
- 14 *Haïti : les chemins de la transition : Étude de l'insécurité humaine et des perspectives de désarmement, de démobilisation et de réintégration*, par Robert Muggah, octobre 2005, mis à jour, ISBN 2-8288-0066-0
- 15 *Silencing Guns: Local Perspectives on Small Arms and Armed Violence in Rural South Pacific Islands Communities*, par Emile LeBrun et Robert Muggah, dir. Juin 2005, ISBN 2-8288-0064-4
- 16 *Behind a Veil of Secrecy: Military Small Arms and Light Weapons Production in Western Europe*, par Reinhilde Weidacher, novembre 2005, ISBN 2-8288-0065-2
- 17 *Tajikistan's Road to Stability: Reduction in Small Arms Proliferation and Remaining Challenges*, par Stina Torjesen, Christina Wille, et S. Neil MacFarlane, novembre 2005, ISBN 2-8288-0067-9
- 18 *Changement de perspective : La dynamique de la demande en armes légères et de petit calibre*, par David Atwood, Anne-Kathrin Glatz, et Robert Muggah, janvier 2006, ISBN 2-8288-0069-5
- 19 *A Guide to the US Small Arms Market, Industry, and Exports, 1998–2004*, par Tamar Gabelnick, Maria Haug, et Lora Lumpe, septembre 2006, ISBN 2-8288-0071-7
- 20 *Small Arms, Armed Violence, and Insecurity in Nigeria: The Niger Delta in Perspective*, par Jennifer M. Hazen avec Jonas Horner, décembre 2007, 2-8288-0090-3
- 21 *Crisis in Karamoja: Armed Violence and the Failure of Disarmament in Uganda's Most Deprived Region*, par James Bevan, juin 2008, ISBN 2-8288-0094-6
- 22 *Blowback: Kenya's Illicit Ammunition Problem in Turkana North District*, par James Bevan, juin 2008, ISBN 2-8288-0098-9
- 23 *Gangs of Central America: Causes, Costs, and Interventions*, par Dennis Rodgers, Robert Muggah, et Chris Stevenson, mai 2009, ISBN 978-2-940415-13-7
- 24 *Armes légères et sécurité en Mauritanie : Une perspective nationale et régionale*, par Stéphanie Pézard avec Anne-Kathrin Glatz, juin 2010, ISBN 978-2-940415-33-5
- 25 *Transparency Counts: Assessing State Reporting on Small Arms Transfers, 2001–08*, par Jasna Lazarević, juin 2010, ISBN 978-2-940415-34-2
- 26 *Confronting the Don: The Political Economy of Gang Violence in Jamaica*, par Glaister Leslie, novembre 2010, ISBN 978-2-940415-38-0
- 27 *Safer Stockpiles: Practitioners' Experiences with Physical Security and Stockpile Management (PSSM) Assistance Programmes*, par Benjamin King, dir. Avril 2011, ISBN 978-2-940415-54-0
- 28 *Analysis of National Reports: Implementation of the UN Programme of Action on Small Arms and the International Tracing Instrument in 2009–10*, par Sarah Parker, mai 2011, ISBN 978-2-940415-55-7
- 29 *Blue Skies and Dark Clouds: Kazakhstan and Small Arms*, par Nicolas Florquin, Dauren Aben, et Takhmina Karimova, mai 2012, ISBN 978-2-9700771-5-2 (également disponible en kazakh et en russe)
- 30 *The Programme of Action Implementation Monitor (Phase 1): Assessing Reported Progress*, par Sarah Parker avec Katherine Green, août 2012, ISBN 978-2-9700816-2-3
- 31 *Internal Control: Codes of Conducts within Insurgent Armed Groups*, par Olivier Bangerter, novembre 2012, ISBN 978-2-9700816-8-5

La série Special Reports

- 1 *Humanitarianism Under Threat: The Humanitarian Impacts of Small Arms and Light Weapons*, par Robert Muggah et Eric Berman, pour le Groupe de référence sur les armes légères du Comité permanent interinstitutions des Nations unies, juillet 2001 (document de synthèse disponible en français)
- 2 *Small Arms Availability, Trade, and Impacts in the Republic of Congo*, par Spyros Demetriou, Robert Muggah, et Ian Biddle, pour l'Organisation internationale pour les migrations et le Programme des Nations unies pour le développement (PNUD), avril 2002
- 3 *Kosovo and the Gun: A Baseline Assessment of Small Arms and Light Weapons in Kosovo*, par Anna Khakee et Nicolas Florquin, pour le Programme des Nations unies pour le développement, juin 2003
- 4 *A Fragile Peace: Guns and Security in Post-conflict Macedonia*, par Suzette R. Grillo, Wolf-Christian Paes, Hans Risser, et Shelly O. Stoneman, pour le PNUD, et co-publié par le Bonn International Center for Conversion, le SEESAC et le Small Arms Survey, juin 2004, ISBN 2-8288-0056-3
- 5 *Gun-running in Papua New Guinea: From Arrows to Assault Weapons in the Southern Highlands*, par Philip Alpers, juin 2005, ISBN 2-8288-0062-8
- 6 *La République centrafricaine : Une étude de cas sur les armes légères et les conflits*, par Eric G. Berman, publié grâce au soutien du PNUD, juillet 2006, ISBN 2-8288-0073-3
- 7 *Les armes légères au Burundi : après la paix, le défi du désarmement civil*, par Stéphanie Pézard et Nicolas Florquin, co-publié avec la Ligue Iteka et grâce au soutien du PNUD-Burundi et Oxfam-NOVIB, en anglais et français, août 2007, ISBN 2-8288-0080-6 ISSN 1661-4453
- 8 *Quoi de neuf sur le front congolais ? Évaluation de base sur la circulation des armes légères et de petit calibre en République du Congo*, par Robert Muggah et Ryan Nichols, publié avec le PNUD-République du Congo, décembre 2007, 2-8288-0089-X
- 9 *Small Arms in Rio de Janeiro : The Guns, the Buyback, and the Victims*, par Pablo Dreyfus, Luis Eduardo Guedes, Ben Lessing, Antônio Rangel Bandeira, Marcelo de Sousa Nascimento, et Patricia Silveira Rivero, une étude du Small Arms Survey, de Viva Rio et de l'ISER, décembre 2008, ISBN 2-8288-0102-0
- 10 *Firearms-related Violence in Mozambique*, une publication conjointe du ministère de l'Intérieur du Mozambique, de l'Organisation mondiale de la santé-Mozambique et du Small Arms Survey, juin 2009, ISBN 978-2-940415-14-4
- 11 *Small Arms Production in Brazil : Production, Trade, and Holdings*, par Pablo Dreyfus, Benjamin Lessing, Marcelo de Sousa Nascimento, et Júlio Cesar Purcena, une publication conjointe du Small Arms Survey, de Viva Rio et de l'ISER, septembre 2010, ISBN 978-2-940415-40-3
- 12 *Timor-Leste Armed Violence Assessment Final Report*, par Robert Muggah et Emile LeBrun, dir. Une publication de ActionAid, d'AusAID et du Small Arms Survey, octobre 2010, ISBN 978-2-940415-43-4
- 13 *Significant Surpluses : Weapons and Ammunition Stockpiles in South-east Europe*, par Pierre Gobinet, une étude de RASR Initiative, décembre 2011, ISBN 978-2-9700771-2-1
- 14 *Enquête nationale sur les armes légères et de petit calibre en Côte d'Ivoire : les défis du contrôle des armes et de la lutte contre la violence armée avant la crise post-électorale*, par Savannah de Tessières, une

- publication conjointe du PNUD, de la Commission nationale de lutte contre la prolifération et la circulation illicite des armes légères et de petit calibre-Côte d'Ivoire et du Small Arms Survey, avril 2012, ISBN 978-2-9700771-7-6
- 15 *Capabilities and Capacities : A Survey of South-east Europe's Demilitarization Infrastructure*, par Pierre Gobinet une publication conjointe du projet RASR, de l'Office of Weapons Removal and Abatement du Département d'État américain et du Small Arms Survey, avril 2012, ISBN 978-2-9700771-7-6
 - 16 *Availability of Small Arms and Perceptions of Security in Kenya : An Assessment*, par Manasseh Wepundi, Eliud Nthiga, Eliud Kabuu, Ryan Murray, et Anna Alvazzi del Frate, une publication conjointe du Kenya National Focus Point on Small Arms and Light Weapons et du Small Arms Survey, juin 2012, disponible en anglais et kiswahili, ISBN 978-2-9700771-8-3
 - 17 *Security Provision and Small Arms in Karamoja : A Survey of Perceptions*, par Kees Kingma, Frank Muhereza, Ryan Murray, Matthias Nowak, et Lilo Thapa, une publication conjointe de Danish Demining Group et du Small Arms Survey, septembre 2012, ISBN 978-2-9700816-3-0
 - 18 *Costs and Consequences : Unplanned Explosions and Demilitarization in South-east Europe*, par Jasna Lazarević, une publication conjointe du projet RASR, de l'Office of Weapons Removal and Abatement du Département d'État américain et du Small Arms Survey, novembre 2012, ISBN 978-2-9700816-7-8
 - 19 *Making a Mark : Reporting on Firearms Marking in the RECSA Region*, par James Bevan et Benjamin King, une publication conjointe du Regional Centre on Small Arms in the Great Lakes Region, the Horn of Africa and Bordering States (RECSA) et du Small Arms Survey ; grâce au soutien de l'Office of Weapons Removal and Abatement du Département d'État américain, avril 2013, ISBN 978-2-9700856-1-4
 - 20 *In Search of Lasting Security: An Assessment of Armed Violence in Nepal*, par Mihaela Racovita, Ryan Murray, et Sudhindra Sharma, une publication conjointe de Interdisciplinary Analysts et du Small Arms Survey/Nepal Armed Violence Assessment project ; grâce au soutien de l'Australian Aid (AusAID), mai 2013, ISBN 978-2-9700856-3-8 (également disponible en népalais)
 - 21 *Identifier les sources d'approvisionnement : les munitions de petit calibre en Côte d'Ivoire*, par Holger Anders, une publication conjointe du Small Arms Survey/Security Assessment in North Africa project et du groupe de contrôle du respect de l'embargo intégré à l'Opération des Nations unies en Côte d'Ivoire, grâce au soutien du Département d'État des États-Unis, du ministère des Affaires étrangères des Pays-Bas, du ministère des Affaires étrangères de la Norvège, du ministère des Affaires étrangères du Danemark, et du Département fédéral des Affaires étrangères de la Suisse, juin 2014, ISBN 978-2-940548-02-6

La série Books

- Armés mais désœuvrés : Groupes armés, armes légères et sécurité humaine dans la région de la CEDEAO*, par Nicolas Florquin et Eric Berman, dir. Co-publié avec le GRIP, mars 2006, ISBN 2-87291-023-9
- Targeting Ammunition : A Primer*, par Stéphanie Pézard et Holger Anders, dir. Co-publié avec CICS, GRIP, SEESAC et Viva Rio, juin 2006, ISBN 2-8288-0072-5
- No Refuge : The Crisis of Refugee Militarization in Africa*, par Robert Muggah, dir. Co-publié avec le BICC, publié par Zed Books, juillet 2006, ISBN 1-84277-789-0
- Conventional Ammunition in Surplus : A Reference Guide*, par James Bevan, publié en coopération avec BICC, FAS, GRIP et SEESAC, janvier 2008, ISBN 2-8288-0092-X
- Afghanistan, Arms and Conflict : Armed Groups, Disarmament and Security in a Post-war Society*, par Michael Bhatia et Mark Sedra, avril 2008, publié par Routledge, ISBN 978-0-415-45308-0
- Kit de Traçage des Munitions : Protocoles et Procédures de Signalement des Munitions de Petit Calibre*, développé par James Bevan, co-publié avec le GRIP, juin 2008, ISBN 2-8288-0097-0
- La République centrafricaine et les Armes Légères : Une Poudrière Régionale*, par Eric G. Berman, avec Louisa N. Lombard, co-publié avec le GRIP, mai 2009, ISBN 978-2-87291-027-4
- Security and Post-Conflict Reconstruction: Dealing with Fighters in the Aftermath of War*, par Robert Muggah, dir. Janvier 2009, publié par Routledge, ISBN 978-0-415-46054-5
- The Politics of Destroying Surplus Small Arms: Inconspicuous Disarmament*, par Aaron Karp, dir. Juillet 2009, publié par Routledge, ISBN 978-0-415-49461-8
- Primed and Purposeful: Armed Groups and Human Security Efforts in the Philippines*, par Soliman M. Santos, Jr. et Paz Verdades M. Santos, avec Octavio A. Dinampo, Herman Joseph S. Kraft, Artha Kira R. Paredes, et Raymond Jose G. Quilop, une publication conjointe de South-South Network for Non-State Armed Group Engagement et du Small Arms Survey, avril 2010, ISBN 978-2-940415-29-8
- Controlling Small Arms: Consolidation, Innovation and Relevance in Research and Policy*, par Peter Batchelor et Kai Michael Kenkel, dir. Janvier 2014, publié par Routledge, ISBN 978-0-415-85649-2

Les manuels

- 1 *Les organisations régionales et le Programme d'action des Nations unies sur les armes légères (PoA)*, par Eric G. Berman et Kerry Maze, août 2012, ISBN 978-2-9700816-5-4
- 2 *Guide sur le processus des Nations unies sur les armes légères : mise à jour 2014*, par Sarah Parker et Marcus Wilson, juin 2014, ISBN 978-2-940548-08-8
- 3 *Unplanned Explosions at Munitions Sites (UEMS) : Excess Stockpiles as Liabilities rather than Assets*, Eric G. Berman et Pilar Reina, dir. Juin 2014, ISBN 978-2-9700897-9-7

Décembre 2023



Small Arms Survey

Institut international de hautes études
internationales et du développement

Maison de la Paix 2E, Chemin Eugène-Rigot 2

CP 136 – 1211, Genève, Suisse

p +41 22 908 5777

f +41 22 732 2738

e sas@smallarmssurvey.org

w www.smallarmssurvey.org

