

2° Les fusées dans lesquelles les produits gazeux sont uniquement considérés au point de vue de leurs propriétés spécifiques : tels sont les *balles à fumée*, les *fusées de désinfection* et les *extincteurs*.

A. Fusées volantes.

Les fusées volantes se rattachent aux fusées lumineuses (p. 791), parce que, dans plusieurs cas, elles peuvent servir de signaux; par leur composition, elles se rapprochent des feux d'étincelles (p. 798).

a) Fusées de signaux et de réjouissance.

Les fusées de signaux et de réjouissance consistent en un cartouche de papier rempli d'une matière fusante, fortement comprimée et habituellement munie d'une *garniture*; celle-ci se compose, en général, de pulvérin avec une addition de charbon destiné à augmenter la production de gaz par suite de la formation d'oxyde de carbone. La garniture, dont les éléments sont les mêmes que ceux des feux d'étincelles, peut être formée de 8 de pulvérin pour 3 de charbon concassé, ou de 16 de salpêtre pour 4 de soufre et 9 de charbon en poudre. Quant à la composition même de la fusée, les principales proportions en usage sont les suivantes :

ÉLÉMENTS composants.	FRANCE.				PRUSSE.	AUTRI- CHE.	ANGLETERRE.		
	Fusées de signaux.		Fusées de réjouissance.						
Pulvérin.	25,368	1	»	1	»	32	10	»	»
Salpêtre.	44,527	8	16	10	4	32	59	8	5
Soufre.	9,137	2	4	2	1	12	22	2	3
Charbon de bois (dur) en poudre.	20,368	3	9	4	2	16	1	3	8

Pour confectionner une fusée volante *simple*, on introduit la cartouche en fort papier enroulé dans un moule en cuivre à deux compartiments, que l'on remplit de composition fusante par cuillérées; chaque portion de la matière est comprimée par une série de petits coups d'une baguette en bois ou en métal, donnés simplement à la main ou à l'aide d'un maillet. La charge doit être

munie, sur une partie de sa longueur, d'une cavité légèrement conique, qui est l'*âme* de la fusée, partant de la base du cylindre et destinée à augmenter la surface d'inflammation; suivant que cette cavité doit être obtenue par l'opération même du chargement ou par un forage ultérieur, on fait usage, soit d'une série de baguettes creuses, destinées à coiffer exactement une broche conique en fer doux disposée au fond du cartouche, et d'une baguette massive avec laquelle on achève le chargement au-dessus de la broche, soit d'une seule baguette massive. Ce dernier procédé paraît généralement préféré, en Allemagne, parce qu'il assure une compression plus régulière de la masse. La partie du cylindre située au-dessus de l'âme s'appelle le *massif*. Les dimensions de l'âme varient suivant les pays; la hauteur du massif dépend du calibre de la fusée. On arrête le massif par un tampon de papier double, que l'on perce de quelques trous au poinçon et sur lequel on applique une coiffe conique en papier fort, destinée à diminuer la résistance de l'air à l'ascension de la fusée. L'inflammation se produit au moyen d'une mèche ordinaire assujettie à l'intérieur de l'âme. Enfin, une baguette en bois sec et léger, ayant la forme d'une pyramide à quatre pans, est fixée à la fusée, dont elle sert à diriger le vol; en Allemagne, la longueur de la baguette, qui est exactement parallèle à l'axe de la fusée, est de 2^m,66 pour les fusées de 1 livre, et de 2^m,33 pour celles de 1/2 livre (on désigne les fusées volantes par le poids d'une balle sphérique en fer de même diamètre). Pour assurer l'ascension verticale du système, on assujettit la baguette de telle sorte que le centre de gravité de l'ensemble se trouve, pour les fusées de 1 livre, à 0^m,01 au-dessous de l'orifice du cartouche; en France, cette distance varie de 0^m,02 à 0^m,03. — Pour tirer une fusée volante, on enfonce d'au moins 0^m,7 dans le sol un montant vertical de 4^m de longueur environ, garni, à son extrémité supérieure, d'un fort clou à crochet et, à son extrémité inférieure, d'un anneau ouvrant: la gorge de la fusée se pose sur le clou à crochet, et l'on passe la baguette dans l'anneau. La mèche est allumée au moyen d'une lance à feu fixée à une longue tige. Une fusée bien faite doit rester pendant quelques instants suspendue au clou, puis s'élever verticalement avec une grande vitesse, en laissant après elle une traînée lumineuse à partir du sol.

Les fusées volantes avec *garniture*, qui comprennent toutes les fusées de signaux, ne se distinguent des précédentes que par l'inter-

position, entre le tampon et la coiffe, d'un pot cylindrique contenant divers artifices auxiliaires dont l'inflammation est produite par la combustion du massif; les trous du tampon sont d'ailleurs remplis de pulvérin ou de poudre de chasse. Les artifices qui composent la garniture sont extrêmement variables. Dans la pyrotechnie militaire, on emploie surtout les roches à feu (p. 792), les balles luisantes (p. 792), les pétards, les saucissons, les marrons, les météores et les pétroles; dans la pyrotechnie civile, on se sert en outre des étoiles cubiques, moulées ou détonantes, des serpenteaux, des lardons, de diverses fusées à feux colorés (p. 794), avec ou sans parachute, et quelquefois même de nitroglycérine (p. 697).

Les *pétards* sont des cartouches formés de deux cartes sèches roulées l'une sur l'autre, remplis de poudre, fermés par un bout et amorcés par l'autre. Les *saucissons* se composent de cylindres en carton contenant une forte charge de poudre grenée, étranglés aux deux bouts, ficelés et amorcés avec un brin d'étoupille qu'on enfonce jusqu'à la poudre; ils peuvent servir de signaux de jour ou de nuit. Les *marrons* sont des cartouches de forme cubique, remplis de poudre grenée, recouverts de plusieurs rangs de ficelle ordinairement enduite de poix et amorcés comme les saucissons; employés comme garniture, ils ont de 0^m,02 à 0^m,05 de côté. Les *marrons luisants*, qui sont des marrons cubiques de 0^m,03 de côté, revêtus de coton imbibé de pâte liquide d'étoile (même page) et roulés sur du pulvérin, servent uniquement comme garniture. Les *météores* sont de gros marrons luisants de 0^m,06 à 0^m,08 de côté, que l'on emploie en garniture de fusée ou de bombe d'artifice (p. 792). Enfin, les *pétroles* sont des cartouches de gros papier, roulés sur une baguette de fusil et remplis de poudre ou de composition fulminante: ils sont repliés sur eux-mêmes alternativement en dessus et en dessous, et on lie le centre de chaque révolution avec de la ficelle, de manière à former une suite de pétards. — Les diverses *étoiles* présentent la même composition (3^k,2 de salpêtre, 1^k,6 de soufre, 0^k,9 de cristal pilé, 0^k,02 de gomme arabique et 1^l d'eau-de-vie): les *étoiles cubiques* ont 13^{mm},5 de côté; les *étoiles moulées* sont munies d'un canal par lequel se fait l'inflammation; les *étoiles détonantes* sont des cartouches en carton, contenant une charge de poudre à fusil surmontée de pâte d'étoile qui, en finissant de brûler, cause l'explosion de la poudre. Les *serpenteaux* sont de petits cartouches, formés avec une ou deux cartes à jouer, ayant 0^m,007 de diamètre sur 0^m,08 de longueur et contenant une couche

mince de son, surmontée d'une colonne de poudre grenée et d'une seconde colonne de composition de fusée volante (p. 800); l'inflammation se produit au moyen d'un brin d'étoupille introduit dans l'un des étranglements. On varie l'effet des serpenteaux, soit en établissant une communication entre les étranglements par un brin d'étoupille, soit en remplaçant la poudre grenée ou la composition de fusée volante par une pluie de feu, des étincelles, des étoiles ou tout autre composition: on obtient ainsi les *serpenteaux à pirouette*, à *étoiles*, etc. Les *lardons* sont de gros serpenteaux du calibre de 0^m,009 à 0^m,012, percés d'un canal de 0^m,012 à 0^m,015 de longueur, destiné à donner plus de rapidité à leur vol brusque et irrégulier.

Le poids de la garniture, limité par la nécessité de ne pas diminuer outre mesure la force d'ascension du système, peut varier suivant le calibre des fusées: il est de 131^{gr} pour la fusée de 22^{mm} de la marine pesant 500^{gr}. On peut, en général, adopter les rapports suivants pour les poids des garnitures des fusées de 20, 27 et 34^{mm}:

Fusée de 20 ^{mm}	1
Fusée de 27 ^{mm}	2
Fusée de 34 ^{mm}	3

On rattache à cette espèce de fusées un grand nombre d'artifices qui, par leur combustion même, produisent un déplacement quelconque du système éclairant. Tels sont plusieurs feux d'étincelles dont les enveloppes, percées de trous latéraux, sont animées d'un mouvement de rotation par suite de l'échappement des produits gazeux de la combustion, et entre autres les *tournequets à air*, les *roues de feu simples et doubles*, les *spiraies*, les *serpents*, etc.

b) Fusées de sauvetage.

On a fabriqué, dans ces dernières années, diverses fusées volantes dont le calibre s'élève jusqu'à 50 et 80^{mm}, destinées à faciliter le sauvetage des naufragés.

La *fusée de bouée de sauvetage* permet de relier la côte aux épaves au moyen d'une corde fixée au corps de l'appareil. Elle consiste en une fusée qu'on renferme dans un tube en fer-blanc et qui s'enflamme par une étoupille fulminante à friction; on amorce avec 4 brins d'étoupille retenus par une croix métallique. La composition employée en France est la suivante: 410^{gr} de salpêtre, 555^{gr} de soufre, 5^{gr} de pulvérin et 30^{gr} de charbon.

La *fusée à ancre* a pour but de permettre aux canots de sauvetage de s'éloigner facilement du rivage.

B. Fusées diverses.

a) Balles à fumée et fusées de désinfection.

Les *balles à fumée* sont destinées à produire, par leur combustion, une grande quantité de gaz irrespirables, et servent, en temps de guerre, à chasser l'ennemi des casernes, etc. La composition généralement employée est du soufre-salpêtre, qui brûle avec formation d'acide sulfureux et d'azote. On peut également se servir, pour le même objet, des *balles à feu* (p. 791).

Les *fusées de désinfection*, dont l'action est encore due au dégagement de l'acide sulfureux, renferment un mélange de 58 de salpêtre pour 36 de soufre et 3 de charbon pulvérisé.

b) Extincteurs.

Les *boîtes à éteindre le feu*, étant allumées dans un espace aussi bien fermé que possible, doivent raréfier l'air par le fait du dégagement de chaleur, et étouffer le feu par suite de la production d'acide sulfureux, d'acide carbonique et d'azote.

La composition des boîtes de Bucher résulte des analyses suivantes :

	D'après		
	Wittstein.	Schweizer.	Heeren.
Salpêtre.	60	58,53	63,73
Soufre.	36	36,33	28,93
Charbon.	4	3,14	3,80
Sable.	»	0,75	»
Sesquioxyde de fer.		1,25	3,54

La combustion de 1^k du mélange fournit, en moyenne, 298^l d'acide sulfureux, 68^l d'acide carbonique et 48^l d'azote.

Les boîtes de Zeisler, à peine différentes de celles de Bucher, renferment 60 parties de salpêtre pour 36 de soufre et 4 de charbon, avec une addition de chaux.

Les matières composantes sont pulvérisées, mélangées et fortement comprimées dans un cartouche en carton. Dans un incendie, il suffit de lancer les boîtes au milieu du feu, où elles s'enflamment

facilement; il faut compter environ 1^k de matière pour un espace de 15^m. Ce procédé paraît avoir parfaitement réussi dans l'incendie d'un magasin de toiles cirées; il n'aurait toutefois, d'après Heeren, qu'une importance pratique assez restreinte: le succès n'en serait assuré qu'à la condition d'opérer dans des espaces parfaitement clos. Au surplus, la production abondante de gaz irrespirables, qui pourraient mettre en danger la vie des habitants, commande la plus grande circonspection dans l'emploi des boîtes à éteindre le feu.

Les autres appareils destinés à combattre les incendies reposent en partie sur le même principe que les précédents, et en partie sur le principe d'un refroidissement extérieur à produire: de ce nombre sont les *extincteurs* proprement dits ou les *bassins à éteindre le feu*. Ce sont des cylindres fermés en tôle de fer, dans lesquels diverses substances, telles que l'acide tartrique et le bicarbonate de soude, le carbonate de chaux et l'acide sulfurique étendu, dégagent une quantité considérable d'acide carbonique, lequel est en grande partie absorbé par la liqueur: lorsqu'on ouvre le tube d'écoulement, la pression intérieure qui s'est développée chasse l'eau avec une grande force. En se vaporisant et en mettant en liberté l'acide carbonique qu'elle renferme, cette eau agit à la fois comme réfrigérant et comme extincteur; en outre, les sels contenus dans la dissolution rejailissent sur les objets enflammés, et forment une croûte solide qui rend une nouvelle inflammation plus difficile.

III. PRODUCTION DE FLAMME.

a) Compositions incendiaires usuelles.

Les matières incendiaires doivent brûler avec un flamme longue, chaude et persistante. Pour obtenir ce résultat, on ajoutera aux compositions fusantes ordinaires, à la matière grise, par exemple, des substances à combustion plus lente, telles que de la poix, du goudron, de la résine, des étoupes, du pétrole, de la térébenthine, etc.

On peut distinguer les artifices destinés à porter l'incendie directement à une faible distance, et ceux qui sont destinés à propager le feu au loin.

A la première catégorie se rattachent: les *boulets incendiaires* et les *balles à feu*, autrefois en usage dans l'armée et la marine françaises, et composés de 4 de salpêtre, 3 à 4 de soufre, 4 de pulvérin

et 3 de colophane en poudre; les *chemises à feu* de la marine, destinées à incendier les bâtiments et contenant du salpêtre, du soufre, du brai gras, de la poudre grenée, du pulvérin, de l'essence de térébenthine, de l'alcool, du pétrole et des étoupes blanches rognées, avec 7 bouts de lance à feu et 6 brins d'étoupilles; les *barils ardents*, les *barils foudroyants*, les *brandons*, les *balais de bruyère*, les *brandes*, les *cravates*, les *panaches*, les *allumettes*, les *pelotes*, les *boulets creux soufrés*, les *grenades à hérisson soufrées*, employés dans la marine pour la confection des *brûlots*; enfin, les *couronnes incendiaires* (Brandkränze), employées en Allemagne, qui sont des cercles de baril de 0^m,24 de diamètre, entourés d'étoupes, plongés plusieurs fois dans de la poix fondue additionnée de goudron et fortement saupoudrés d'une composition fusante (80 de matière grise pour 20 de pulvérin), et qui doivent brûler vivement pendant 1/2 heure.

Les artifices de la seconde catégorie comprennent les *bombes* et les *obus incendiaires* et les *fusées incendiaires à la Congrève*.

Pour le chargement des bombes et des obus, on emploie, en France, des *cylindres incendiaires de roche à feu*, dont le diamètre varie de 20 à 30^{mm}, la longueur de 45 à 74^{mm} et le poids de 25 à 80^g. On prépare la *roche à feu* en faisant fondre dans une chaudière 1 de suif de mouton avec 1 de térébenthine, et en ajoutant au mélange fondu 3 de colophane, 4 de soufre, 10 de salpêtre et 1 de régule d'antimoine; la masse est ensuite versée dans des moules, où elle se solidifie, et amorcée avec de la *mèche incendiaire*, obtenue en trempant de la mèche à canon imprégnée de salpêtre dans la roche à feu liquide. — En Prusse, on emploie un mélange de 76 de matière grise avec 24 de colophane, obtenu en jetant la matière grise par petites portions dans la colophane fondue. — En Bavière, on se sert, pour le chargement des bombes incendiaires, d'une composition spéciale (Warmgeschmolzenzeug), formée de 22 de salpêtre, 22 de soufre et 3,75 de pulvérin, à laquelle on ajoute du pulvérin et de la poudre à canon.

Les *fusées à la Congrève* ou *rockets à boulets* sont des fusées volantes de grandes dimensions, destinées à lancer des projectiles détonants ou incendiaires, et dont l'emploi est à peu près abandonné. Leur diamètre variait de 0^m,06 à 0^m,21, leur longueur de 0^m,49 à 0^m,67, et le poids de leur boulet de 0^k,5 à 3^k environ. Quant à la matière fusante, elle se composait de 1 de charbon, 1 de soufre, 4 à 18 de chlorate de potasse et 2 à 9 de salpêtre; on a également employé

du pulvérin seul, un mélange de pulvérin avec du soufre ou avec du salpêtre, et enfin de la poudre de mine en grains.

b) *Mixtes comburants et feux liquides.*

Certaines compositions, appelées *mixtes comburants*, sont destinées à s'enflammer spontanément lorsque, par une action mécanique, on amène l'eau au contact du potassium, du sodium ou du phosphore de calcium qu'elles renferment. Tels sont les mélanges de Nièpce (benzine, huile de pétrole ou sulfure de carbone avec du potassium ou du phosphore de calcium), et la composition, à base de sodium, de Fleck. Nous avons mentionné (p. 617 et 778) divers systèmes d'inflammation reposant sur un principe analogue.

Pendant la dernière guerre d'Amérique, on a employé, sous la dénomination de *feu liquide* ou *feu féniain* (liquid fire, Fenian-feuer), une dissolution de phosphore dans le sulfure de carbone: l'évaporation du sulfure laissait un résidu de phosphore à l'état de particules fines, qui prenait feu spontanément. — Darapsky a essayé de charger les projectiles incendiaires avec une composition formée de 3 de phosphore pour 1,3 de sulfure de carbone. Il a pu constater que ce mélange n'attaquait pas la fonte; il en a, de plus, augmenté la puissance destructive en ajoutant à la charge, enfermé dans une ampoule en peau, un mélange de camphre ou d'huile de pétrole avec une matière incendiaire. Darapsky croit devoir attribuer à ces engins une importance toute spéciale au point de vue des opérations maritimes, parce qu'une humectation préalable ne nuit en rien à leur efficacité.

Niklès a proposé, sous le nom de *feu lorrain*, un mélange de sulfochlorure avec une dissolution phosphorique de sulfure de carbone: ce mélange jouit de la propriété de s'enflammer en dégageant d'épaisses vapeurs rougeâtres, dès qu'il est mis en contact avec une dissolution ammoniacale. — Le trichlorure de phosphore, mélangé avec de l'ammoniaque ou du sulphydrate d'ammoniaque, donne lieu aux mêmes phénomènes. — D'après P. Guyot, on peut remplacer le sulfochlorure par du sulfobromure: la matière ainsi obtenue est d'une combustion plus lente, mais d'une manipulation moins dangereuse.

D'après Sophronius, un mélange de 3 parties d'acide sulfurique concentré avec 2 de permanganate de potasse provoque sûrement

l'inflammation de plusieurs substances organiques, telles que l'huile de térébenthine, le papier, le bois, etc.

§ IV.

ANALYSE CHIMIQUE DES COMPOSITIONS D'ARTIFICE.

Bolley a proposé, pour faire l'analyse qualitative et quantitative des compositions d'artifice, la méthode générale qui suit :

On lessive quelques grammes de la matière à l'eau froide ou à l'eau bouillante, et, dans la dissolution filtrée, on détermine qualitativement ou quantitativement, par les procédés connus, les divers éléments solubles : *cuivre, baryum, strontium, calcium, potassium, sodium; ammoniaque; acides nitrique, sulfurique et chlorique.*

Le résidu est traité par l'alcool chaud, afin d'en extraire les substances *résineuses*, qui sont ensuite précipitées par l'eau pure dans la dissolution alcoolique.

La partie insoluble dans l'alcool est reprise par l'acide chlorhydrique concentré, qui dissout les métaux à l'état libre (*zinc, fer, cuivre*), le *sulfure d'antimoine* et les *carbonates* (de *baryte, de chaux* et de *cuivre*).

Le résidu final peut encore contenir du soufre, du charbon et diverses substances organiques insolubles dans l'alcool.

QUATRIÈME PARTIE

BIBLIOGRAPHIE, TABLES
ET PLANCHES