

Olivier DUJARDIN
Lauraline MANIGLIER

DRONES

ET LUTTE ANTI-DRONES



Préface du Général Bruno BARATZ
Commandant du combat futur


CERBAIR
ANTI-DRONE SOLUTION



TABLE DES MATIÈRES

Crédits photographiques	2
Préface	3
Remerciements	7
CERBAIR, pionnier et acteur majeur de la lutte anti-drones	9
Avant-propos	17
À qui s'adresse ce livre ?	18
Pourquoi ce livre et qui sont les auteurs ?	18
Ce que ce livre n'est pas	19
Qu'est-ce qu'un drone ?	21
Drone, la dénomination usuelle en France	21
UAS, une terminologie anglo-saxonne	21
RPAS, une perspective internationale	22
L'exception militaire	22
Classification OTAN des drones aériens	24
La spécificité du drone suicide	25
Notre définition des drones	25

COMPRENDRE LES ENJEUX LIÉS AUX DRONES

L'inexorable ascension des drones	29
Le dilemme entre masse des armées et technologie	32
Le défi des capacités de production industrielles militaires	34
Vers une pénurie et une économie des ressources	38
Souplesse et économie d'emploi	40
Formation	41
Drone et lutte anti-drone, une mission pour la réserve opérationnelle?	43
Caractériser la menace des drones	45
Les menaces des drones du commerce non modifiés	46
Les menaces des drones du commerce modifiés	47
Les menaces des drones DIY (<i>Do-it-yourself</i>)	48
Les menaces des drones militaires armés	48
Comment les militaires s'approprient-ils les drones aériens?	51
Cas de la guerre en Ukraine depuis 2022 : les forces en présence	53
Les rôles des drones de grande taille et de combat	60
L'espace, prochain domaine de conquête des drones?	64
Guerre informationnelle, les drones comme arme de propagande	64
Suppression des défenses sol-air ennemis (SEAD)	67
Le rôle des drones dans les missions SEAD	68
Limites des drones dans les environnements aériens non-permissifs	69
Les enseignements de la guerre en Ukraine pour les opérations SEAD	70
Réévaluation des capacités SEAD	75
Évolution des stratégies A2/AD	75
Importance de l'intégration des moyens de lutte anti-drone aux systèmes de défense sol-air	78
Les limites des systèmes de drones aériens	83
L'impact des conditions météorologiques sur les drones aériens	83
Une dépendance aux infrastructures de communication	84
Les drones : forces et faiblesses de l'artillerie	89
Dépendance aux signaux électromagnétiques et vulnérabilité à la guerre électronique	91

TABLE DES MATIÈRES

Les drones de surface et sous-marins dans la guerre navale	95
Quelles applications pour les drones de surface et sous-marins?	96
Les drones de surface, une nouvelle arme dans le combat naval	96
Les drones navals suicides vont-ils remplacer les missiles anti-navires?	99
Les perspectives d'emploi des drones sous-marins	101
Des avantages indéniables à mettre en regard de contraintes propres à l'environnement maritime et naval	102
Robots terrestres, vers une collaboration homme-machine dans les opérations militaires?	113
L'environnement terrestre: un milieu contraignant et exigeant	114
Quelles missions pour les robots terrestres?	115
Les robots terrestres de combat vont-ils remplacer les hommes en première ligne?	118
L'utilisation des robots dans le conflit ukrainien	120
L'intelligence artificielle: quel impact sur les drones?	125
Comprendre l'intelligence artificielle dans les drones	125
Drone autonome: un nouveau défi pour l'aviation civile	127
Guerre algorithmique (<i>AI Warfare</i>) comme nouveau paradigme	129
Le spectre des drones de combat autonomes	130
La nécessaire place du chef face aux systèmes d'armes létaux autonomes (SALA)	132
Les liaisons de données vont-elles disparaître?	137
Quel usage pour un drone 100% autonome?	140
Risques réels et partiellement maîtrisés	141
Quel impact pour la lutte anti-drone?	143
Liaisons de données, le compromis permanent	147
Les contraintes réglementaires	148
Les avantages de l'utilisation des fréquences au-dessus de 6 GHz	149
Les limitations physiques des fréquences	150
Le compromis entre débit et portée	151
Essaims de drones	155
Comprendre les opérations en essaim	155
Communication: contrôle centralisé et autonomie	156
Saturation: distinction entre massification des drones et opérations en essaims	158
Considérations technico-opérationnelles	158
Forces et faiblesse des essaims de drones	160

LA LUTTE ANTI-DRONE, UN DÉFI TECHNOLOGIQUE

Les radars	169
Défis de la détection posés par les drones.....	170
Détection en déplacement, un défi pour les radars	171
Absence d'identification précise des cibles	172
La forme de la Terre complique la détection à basse altitude	172
Deux concepts radars pour la détection des drones.....	172
Gammes de fréquences des radars anti-drones	182
Vulnérabilité aux conditions météorologiques et aérologiques	182
Composition physique des objets.....	183
Contraintes réglementaires	183
Les radars passifs	185
Une dépendance à la disponibilité et à la qualité du rayonnement de l'émission.....	188
Une précision limitée	189
Une portée limitée	189
Impact des basses fréquences sur la détection des petites cibles	190
Vers des radars multistatiques	190
Un complément aux couvertures radars traditionnelles	191
La détection radiofréquence	193
Faible taux de faux positifs	195
Plus qu'une identification précise	195
Les contraintes physiques	197
Les limites de la surveillance du spectre et de la détection	198
Dépendance à la base de données	201
Localisation des sources radiofréquence	201
La détection optronique	205
Conditions environnementales et longueurs d'ondes	206
Résolution des capteurs et portée de détection: un équilibre à trouver	208
Contraintes de la détection primaire	208
La détection acoustique	211
Les limites et les inconvénients de la technologie	212
Détection acoustique sous-marine	214

TABLE DES MATIÈRES

La détection par laser	217
LiDAR	217
<i>Laser Scanner Detection (LSD)</i>	221
La détection NLJD	225
Fonctionnement du système	225
Limites des NLJD dans la détection des drones	226
Système C2 « <i>Command & Control</i> »	229
Les défis de la fusion de données multi-capteurs	231
Données hétérogènes	231
Processus d'association	232
Flux synchrone/asynchrone	232
Coordination des moyens	233
Brouillage électromagnétique et <i>Spoofing</i>	235
Différents types de brouilleurs	236
L'interdépendance entre détection et brouillage	238
Brouillage GNSS, une arme à double tranchant	240
Résilience au brouillage	241
Usurpation de signaux ou <i>spoofing</i> GNSS	242
Neutralisation par laser	245
Une technologie à la fois rentable et d'une grande précision	246
Les lasers: armes ultimes et imparables?	247
Les contraintes physiques	248
Les contraintes de sécurité	249
Lasers aveuglants ou à effet destructif limité	250
Impulsion électromagnétique (EMP)/ micro-ondes haute puissance (HPM)	253
Les contraintes physiques	254
Les solutions de défense possibles	257
Cyber-prise de contrôle ou <i>hacking</i>	259
Identifier le drone cible avec précision	260
Le lourd travail de démodulation	260
Armes cinétiques	263

Fusils et drones lance-filets	267
Fusils lance-filets	267
Drones intercepteurs avec filets	268
Drones intercepteurs	271
Drones effecteurs	271
Drones percuteurs	272
Moyens de protection physique	275
Stratégies de dissimulation et de diversion	277
Conclusion générale	279
Annuaire des concepts d'opérations (CONOPS)	283
Aéroports civils et aérodromes d'aviation générale	284
Traffic aérien civil & U-space	286
Aéronefs en vol à basse altitude	288
Sites corporate	289
Personnes et des propriétés privées	291
Stades et événements grand public	293
Sécurité et sûreté maritime	295
Ports, réseaux et installations portuaires	297
Infrastructures critiques et installations nucléaires	300
Palais et infrastructures gouvernementales	303
Établissements pénitentiaires: maisons d'arrêt, centres de détention, maison centrale	305
Frontières	307
Personnes en déplacement, escortes et convois sécuritaires	309
Bases aériennes militaires et aérodromes duraux	311
Sites militaires en France ou projetés en opérations extérieures et centres d'entraînement	313
Unités débarquées ou forces spéciales	315
Points d'appuis de l'infanterie	317
Véhicules et convois militaires	319
Bâtiments et navire de guerre	321
Ports et arsenaux militaires	323
Glossaire	325
Tables des figures et des tableaux	335