



Usages actuels et futurs des drones en médecine pré-hospitalière

Guillaume Doucet

► To cite this version:

Guillaume Doucet. Usages actuels et futurs des drones en médecine pré-hospitalière. Sciences du Vivant [q-bio]. 2018. dumas-02081123

HAL Id: dumas-02081123

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02081123>

Submitted on 27 Mar 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Usages actuels et futurs des drones en médecine pré-hospitalière.

T H È S E

Présentée et publiquement soutenue devant

LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE MARSEILLE

Le 16 Octobre 2018

Par Monsieur Guillaume DOUCET

Né le 15 mai 1990 à Toulouse (31)

Pour obtenir le grade de Docteur en Médecine

D.E.S. de MÉDECINE GÉNÉRALE

Membres du Jury de la Thèse :

Monsieur le Professeur MICHELET Pierre

Monsieur le Professeur GERBEAUX Patrick

Monsieur le Professeur KERBAUL François

Monsieur le Docteur POIROT Nicolas

Monsieur le Professeur VIVIEN Benoît

Président

Assesseur

Assesseur

Directeur

Assesseur

Usages actuels et futurs des drones en médecine pré-hospitalière.

T H È S E

Présentée et publiquement soutenue devant

LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE MARSEILLE

Le 16 Octobre 2018

Par Monsieur Guillaume DOUCET

Né le 15 mai 1990 à Toulouse (31)

Pour obtenir le grade de Docteur en Médecine

D.E.S. de MÉDECINE GÉNÉRALE

Membres du Jury de la Thèse :

Monsieur le Professeur MICHELET Pierre

Monsieur le Professeur GERBEAUX Patrick

Monsieur le Professeur KERBAUL François

Monsieur le Docteur POIROT Nicolas

Monsieur le Professeur VIVIEN Benoît

Président

Assesseur

Assesseur

Directeur

Assesseur

AIX-MARSEILLE UNIVERSITE

Président : Yvon BERLAND

FACULTE DE MEDECINE

Doyen : Georges LEONETTI

Vice-Doyen aux Affaires Générales : Patrick DESSI

Vice-Doyen aux Professions Paramédicales : Philippe BERBIS

Assesseurs :

- * aux Etudes : Jean-Michel VITON
- * à la Recherche : Jean-Louis MEGE
- * aux Prospectives Hospitalo-Universitaires : Frédéric COLLART
- * aux Enseignements Hospitaliers : Patrick VILLANI
- * à l'Unité Mixte de Formation Continue en Santé : Fabrice BARLESI
- * pour le Secteur Nord : Stéphane BERDAH
- * aux centres hospitaliers non universitaires : Jean-Noël ARGENSON

Chargés de mission :

- * 1^{er} cycle : Jean-Marc DURAND et Marc BARTHET
- * 2^{ème} cycle : Marie-Aleth RICHARD
- * 3^{ème} cycle DES/DESC : Pierre-Edouard FOURNIER
- * Licences-Masters-Doctorat : Pascal ADALIAN
- * DU-DIU : Véronique VITTON
- * Stages Hospitaliers : Franck THUNY
- * Sciences Humaines et Sociales : Pierre LE COZ
- * Préparation à l'ECN : Aurélie DAUMAS
- * Démographie Médicale et Filiarisation : Roland SAMBUC
- * Relations Internationales : Philippe PAROLA
- * Etudiants : Arthur ESQUER

Chef des services généraux : * Déborah ROCCHICCIOLI

Chefs de service :

- * Communication : Laetitia DELOUIS
- * Examens : Caroline MOUTTET
- * Logistique : Joëlle FRAVEGA
- * Maintenance : Philippe KOCK
- * Scolarité : Christine GAUTHIER

DOYENS HONORAIRES

M. Yvon BERLAND
M. André ALI CHERIF
M. Jean-François PELLISSIER

PROFESSEURS HONORAIRES

MM	AGOSTINI Serge	MM	FIGARELLA Jacques
	ALDIGHERI René		FONTES Michel
	ALESSANDRINI Pierre		FRANCOIS Georges
	ALLIEZ Bernard		FUENTES Pierre
	AQUARON Robert		GABRIEL Bernard
	ARGEME Maxime		GALINIER Louis
	ASSADOURIAN Robert		GALLAIS Hervé
	AUFFRAY Jean-Pierre		GAMERRE Marc
	AUTILLO-TOUATI Amapola		GARCIN Michel
	AZORIN Jean-Michel		GARNIER Jean-Marc
	BAILLE Yves		GAUTHIER André
	BARDOT Jacques		GERARD Raymond
	BARDOT André		GEROLAMI-SANTANDREA André
	BERARD Pierre		GIUDICELLI Roger
	BERGOIN Maurice		GIUDICELLI Sébastien
	BERNARD Dominique		GOUDARD Alain
	BERNARD Jean-Louis		GOUIN François
	BERNARD Pierre-Marie		GRISOLI François
	BERTRAND Edmond		GROULIER Pierre
	BISSET Jean-Pierre		HADIDA/SAYAG Jacqueline
	BLANC Bernard		HASSOUN Jacques
	BLANC Jean-Louis		HEIM Marc
	BOLLINI Gérard		HOUEL Jean
	BONGRAND Pierre		HUGUET Jean-François
	BONNEAU Henri		JAQUET Philippe
	BONNOIT Jean		JAMMES Yves
	BORY Michel		JOUE PAULETTE
	BOTTA Alain		JUHAN Claude
	BOURGEADE Augustin		JUIN Pierre
	BOUVENOT Gilles		KAPHAN Gérard
	BOUYALA Jean-Marie		KASBARIAN Michel
	BREMOND Georges		KLEISBAUER Jean-Pierre
	BRICOT René		LACHARD Jean
	BRUNET Christian		LAFFARGUE Pierre
	BUREAU Henri		LAUGIER René
	CAMBOULIVES Jean		LEVY Samuel
	CANNONI Maurice		LOUCHET Edmond
	CARTOUZOU Guy		LOUIS René
			LUCIANI Jean-Marie
	CHAMLIAN Albert		MAGALON Guy
	CHARREL Michel		MAGNAN Jacques
	CHAUVEL Patrick		MALLAN- MANCINI Josette
	CHOUX Maurice		MALMEJAC Claude
	CIANFARANI François		MATTEI Jean François
	CLEMENT Robert		MERCIER Claude
	COMBALBERT André		METGE Paul
	CONTE-DEVOLX Bernard		MICHOTÉY Georges
	CORRIOL Jacques		MILLET Yves
	COULANGE Christian		MIRANDA François
	DALMAS Henri		MONFORT Gérard
	DE MICO Philippe		MONGES André
	DELARQUE Alain		MONGIN Maurice
	DEVIN Robert		MONTIES Jean-Raoul
	DEVRED Philippe		NAZARIAN Serge
	DJIANE Pierre		NICOLI René
	DONNET Vincent		NOIRCLERC Michel
	DUCASSOU Jacques		OLMER Michel
	DUFOUR Michel		OREHEK Jean
	DUMON Henri		PAPY Jean-Jacques
	FARNARIER Georges		PAULIN Raymond
	FAVRE Roger		PELOUX Yves
	FIECHI Marius		PENAUD Antony

MM PENE Pierre
PIANA Lucien
PICAUD Robert
PIGNOL Fernand
POGGI Louis
POITOUT Dominique
PONCET Michel
POUGET Jean
PRIVAT Yvan
QUILICHINI Francis
RANQUE Jacques
RANQUE Philippe
RICHAUD Christian
ROCHAT Hervé
ROHNER Jean-Jacques
ROUX Hubert
ROUX Michel
RUFO Marcel
SAHEL José
SALAMON Georges
SALDUCCI Jacques
SAN MARCO Jean-Louis
SANKALE Marc
SARACCO Jacques
SARLES Jean-Claude
SASTRE Bernard
SCHIANO Alain
SCOTTO Jean-Claude
SEBAHOUN Gérard
SERMENT Gérard
SERRATRICE Georges
SOULAYROL René
STAHL André
TAMALET Jacques
TARANGER-CHARPIN Colette
THOMASSIN Jean-Marc
UNAL Daniel
VAGUE Philippe
VAGUE/JUHAN Irène
VANUXEM Paul
VERVLOET Daniel
VIALETTES Bernard
WEILLER Pierre-Jean

PROFESSEURS HONORIS CAUSA

1967	
MM. les Professeurs	DADI (Italie) CID DOS SANTOS (Portugal)
1974	
MM. les Professeurs	MAC ILWAIN (Grande-Bretagne) T.A. LAMBO (Suisse)
1975	
MM. les Professeurs	O. SWENSON (U.S.A.) Lord J.WALTON of DETCHANT (Grande-Bretagne)
1976	
MM. les Professeurs	P. FRANCHIMONT (Belgique) Z.J. BOWERS (U.S.A.)
1977	
MM. les Professeurs	C. GAJDUSEK-Prix Nobel (U.S.A.) C.GIBBS (U.S.A.) J. DACIE (Grande-Bretagne)
1978	
M. le Président	F. HOUPHOUET-BOIGNY (Côte d'Ivoire)
1980	
MM. les Professeurs	A. MARGULIS (U.S.A.) R.D. ADAMS (U.S.A.)
1981	
MM. les Professeurs	H. RAPPAPORT (U.S.A.) M. SCHOU (Danemark) M. AMENT (U.S.A.) Sir A. HUXLEY (Grande-Bretagne) S. REFSUM (Norvège)
1982	
M. le Professeur	W.H. HENDREN (U.S.A.)
1985	
MM. les Professeurs	S. MASSRY (U.S.A.) KLINSMANN (R.D.A.)
1986	
MM. les Professeurs	E. MIHICH (U.S.A.) T. MUNSAT (U.S.A.) LIANA BOLIS (Suisse) L.P. ROWLAND (U.S.A.)
1987	
M. le Professeur	P.J. DYCK (U.S.A.)
1988	
MM. les Professeurs	R. BERGUER (U.S.A.) W.K. ENGEL (U.S.A.) V. ASKANAS (U.S.A.) J. WEHSTER KIRKLIN (U.S.A.) A. DAVIGNON (Canada) A. BETTARELLO (Brésil)
1989	
M. le Professeur	P. MUSTACCHI (U.S.A.)

1990 MM. les Professeurs	J.G. MC LEOD (Australie) J. PORTER (U.S.A.)
1991 MM. les Professeurs	J. Edward MC DADE (U.S.A.) W. BURGDORFER (U.S.A.)
1992 MM. les Professeurs	H.G. SCHWARZACHER (Autriche) D. CARSON (U.S.A.) T. YAMAMURO (Japon)
1994 MM. les Professeurs	G. KARPATI (Canada) W.J. KOLFF (U.S.A.)
1995 MM. les Professeurs	D. WALKER (U.S.A.) M. MULLER (Suisse) V. BONOMINI (Italie)
1997 MM. les Professeurs	C. DINARELLO (U.S.A.) D. STULBERG (U.S.A.) A. MEIKLE DAVISON (Grande-Bretagne) P.I. BRANEMARK (Suède)
1998 MM. les Professeurs	O. JARDETSKY (U.S.A.)
1999 MM. les Professeurs	J. BOTELLA LLUSIA (Espagne) D. COLLEN (Belgique) S. DIMAURO (U. S. A.)
2000 MM. les Professeurs	D. SPIEGEL (U. S. A.) C. R. CONTI (U.S.A.)
2001 MM. les Professeurs	P-B. BENNET (U. S. A.) G. HUGUES (Grande Bretagne) J-J. O'CONNOR (Grande Bretagne)
2002 MM. les Professeurs	M. ABEDI (Canada) K. DAI (Chine)
2003 M. le Professeur Sir	T. MARRIE (Canada) G.K. RADDI (Grande Bretagne)
2004 M. le Professeur	M. DAKE (U.S.A.)
2005 M. le Professeur	L. CAVALLI-SFORZA (U.S.A.)
2006 M. le Professeur	A. R. CASTANEDA (U.S.A.)
2007 M. le Professeur	S. KAUFMANN (Allemagne)

EMERITAT

2008

M. le Professeur	LEVY Samuel	31/08/2011
Mme le Professeur	JUHAN-VAGUE Irène	31/08/2011
M. le Professeur	PONCET Michel	31/08/2011
M. le Professeur	KASBARIAN Michel	31/08/2011
M. le Professeur	ROBERTOUX Pierre	31/08/2011

2009

M. le Professeur	DJIANE Pierre	31/08/2011
M. le Professeur	VERVLOET Daniel	31/08/2012

2010

M. le Professeur	MAGNAN Jacques	31/12/2014
------------------	----------------	------------

2011

M. le Professeur	DI MARINO Vincent	31/08/2015
M. le Professeur	MARTIN Pierre	31/08/2015
M. le Professeur	METRAS Dominique	31/08/2015

2012

M. le Professeur	AUBANIAC Jean-Manuel	31/08/2015
M. le Professeur	BOUVENOT Gilles	31/08/2015
M. le Professeur	CAMBOULIVES Jean	31/08/2015
M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2015
M. le Professeur	MATTEI Jean-François	31/08/2015
M. le Professeur	OLIVER Charles	31/08/2015
M. le Professeur	VERVLOET Daniel	31/08/2015

2013

M. le Professeur	BRANCHEREAU Alain	31/08/2016
M. le Professeur	CARAYON Pierre	31/08/2016
M. le Professeur	COZZONE Patrick	31/08/2016
M. le Professeur	DELMONT Jean	31/08/2016
M. le Professeur	HENRY Jean-François	31/08/2016
M. le Professeur	LE GUICHAOUA Marie-Roberte	31/08/2016
M. le Professeur	RUFO Marcel	31/08/2016
M. le Professeur	SEBAHOUN Gérard	31/08/2016

2014

M. le Professeur	FUENTES Pierre	31/08/2017
M. le Professeur	GAMERRE Marc	31/08/2017
M. le Professeur	MAGALON Guy	31/08/2017
M. le Professeur	PERAGUT Jean-Claude	31/08/2017
M. le Professeur	WEILLER Pierre-Jean	31/08/2017

2015

M. le Professeur	COULANGE Christian	31/08/2018
M. le Professeur	COURAND François	31/08/2018
M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2016
M. le Professeur	MATTEI Jean-François	31/08/2016
M. le Professeur	OLIVER Charles	31/08/2016
M. le Professeur	VERVLOET Daniel	31/08/2016

2016

M. le Professeur	BONGRAND Pierre	31/08/2019
M. le Professeur	BOUVENOT Gilles	31/08/2017
M. le Professeur	BRUNET Christian	31/08/2019
M. le Professeur	CAU Pierre	31/08/2019
M. le Professeur	COZZONE Patrick	31/08/2017
M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2017
M. le Professeur	FONTES Michel	31/08/2019
M. le Professeur	JAMMES Yves	31/08/2019
M. le Professeur	NAZARIAN Serge	31/08/2019
M. le Professeur	OLIVER Charles	31/08/2017
M. le Professeur	POITOUT Dominique	31/08/2019
M. le Professeur	SEBAHOUN Gérard	31/08/2017
M. le Professeur	VIALETTES Bernard	31/08/2019

2017

M. le Professeur	ALESSANDRINI Pierre	31/08/2020
M. le Professeur	BOUVENOT Gilles	31/08/2018
M. le Professeur	CHAUVEL Patrick	31/08/2020
M. le Professeur	COZZONE Pierre	31/08/2018
M. le Professeur	DELMONT Jean	31/08/2018
M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2018
M. le Professeur	OLIVER Charles	31/08/2018
M. le Professeur	SEBBAHOUN Gérard	31/08/2018

PROFESSEURS DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS

AGOSTINI FERRANDES Aubert	CHOSSEGROS Cyrille	GRIMAUD Jean-Charles
ALBANESE Jacques	<i>CLAVERIE Jean-Michel Surnombre</i>	GROB Jean-Jacques
ALIMI Yves	COLLART Frédéric	GUEDJ Eric
AMABILE Philippe	COSTELLO Régis	GUIEU Régis
AMBROSI Pierre	COURBIERE Blandine	GUIS Sandrine
ANDRE Nicolas	COWEN Didier	GUYE Maxime
ARGENSON Jean-Noël	CRAVELLO Ludovic	GUYOT Laurent
ASTOUL Philippe	CUISSET Thomas	GUYS Jean-Michel
ATTARIAN Shahram	CURVALE Georges	HABIB Gilbert
AUDOUIN Bertrand	DA FONSECA David	HARDWIGSEN Jean
AUQUIER Pascal	DAHAN-ALCARAZ Laetitia	HARLE Jean-Robert
AVIERINOS Jean-François	DANIEL Laurent	HOFFART Louis
AZULAY Jean-Philippe	DARMON Patrice	HOUVENAE GHIEL Gilles
BAILLY Daniel	D'ERCOLE Claude	JACQUIER Alexis
BARLESI Fabrice	D'JOURNO Xavier	JOURDE-CHICHE Noémie
BARLIER-SETTI Anne	DEHARO Jean-Claude	JOUE Jean-Luc
BARTHET Marc	DELPERO Jean-Robert	KAPLANSKI Gilles
BARTOLI Jean-Michel	DENIS Danièle	KARSENTY Gilles
BARTOLI Michel	<i>DESSEIN Alain Surnombre</i>	KERBAUL François
<i>BARTOLIN Robert Surnombre</i>	DESSI Patrick	KRAHN Martin
BARTOLOMEI Fabrice	DISDIER Patrick	LAFFORGUE Pierre
BASTIDE Cyrille	DODDOLI Christophe	LAGIER Jean-Christophe
BENSOUSSAN Laurent	DRANCOURT Michel	LAMBAUDIE Eric
BERBIS Philippe	DUBUS Jean-Christophe	LANCON Christophe
BERDAH Stéphane	DUFFAUD Florence	LA SCOLA Bernard
<i>BERLAND Yvon Surnombre</i>	DUFOUR Henry	LAUNAY Franck
BERNARD Jean-Paul	DURAND Jean-Marc	LAVIEILLE Jean-Pierre
BEROUD Christophe	DUSSOL Bertrand	LE CORROLLER Thomas
BERTUCCI François	<i>ENJALBERT Alain Surnombre</i>	<i>LE TREUT Yves-Patrice Surnombre</i>
BLAISE Didier	EUSEBIO Alexandre	LECHEVALLIER Eric
BLIN Olivier	FAKHRY Nicolas	LEGRE Régis
BLONDEL Benjamin	<i>FAUGERE Gérard Surnombre</i>	LEHUCHER-MICHEL Marie-Pascale
BONIN/GUILLAUME Sylvie	FELICIAN Olivier	LEONE Marc
BONELLO Laurent	FENOLLAR Florence	LEONETTI Georges
BONNET Jean-Louis	FIGARELLA/BRANGER Dominique	LEPIDI Hubert
BOTTA/FRIDLUND Danielle	FLECHER Xavier	LEVY Nicolas
BOUBLI Léon	FOURNIER Pierre-Edouard	MACE Loïc
BOYER Laurent	<i>FRANCES Yves Surnombre</i>	MAGNAN Pierre-Edouard
BREGEON Fabienne	FUENTES Stéphane	<i>MARANINCHI Dominique Surnombre</i>
BRETELLE Florence	GABERT Jean	<i>MARTIN Claude Surnombre</i>
BROUQUI Philippe	GAINNIER Marc	MATONTI Frédéric
BRUDER Nicolas	GARCIA Stéphane	MEGE Jean-Louis
BRUE Thierry	GARIBOLDI Vlad	MERROT Thierry
BRUNET Philippe	GAUDART Jean	METZLER/GUILLEMAIN Catherine
BURTEY Stéphane	GAUDY-MARQUESTE Caroline	MEYER/DUTOIR Anne
CARCOPINO-TUSOLI Xavier	GENTILE Stéphanie	MICCALEF/ROLL Joëlle
CASANOVA Dominique	GERBEAUX Patrick	MICHEL Fabrice
CASTINETTI Frédéric	GEROLAMI/SANTANDREA René	MICHEL Gérard
CECCALDI Mathieu	GILBERT/ALESSI Marie-Christine	MICHELET Pierre
CHABOT Jean-Michel	GIORGI Roch	MILH Mathieu
CHAGNAUD Christophe	GIOVANNI Antoine	MOAL Valérie
CHAMBOST Hervé	GIRARD Nadine	MONCLA Anne
CHAMPSAUR Pierre	GIRAUD/CHABROL Brigitte	MORANGE Pierre-Emmanuel
CHANEZ Pascal	GONCALVES Anthony	MOULIN Guy
CHARAFFE-JAUFFRET Emmanuelle	GORINCOUR Guillaume	MOUTARDIER Vincent
CHARREL Rémi	GRANEL/REY Brigitte	<i>MUNDLER Olivier Surnombre</i>
<i>CHARPIN Denis Surnombre</i>	GRANVAL Philippe	NAUDIN Jean
CHAUMOITRE Kathia	GREILLIER Laurent	NICOLAS DE LAMBALLERIE Xavier
CHIARONI Jacques	<i>GRILLO Jean-Marie Surnombre</i>	NICOLLAS Richard
CHINOT Olivier		OLIVE Daniel

MAITRE DE CONFERENCES DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS

ACHARD Vincent (<i>disponibilité</i>)	FABRE Alexandre	NINOVE Laetitia
ANGELAKIS Emmanouil	FOLETTI Jean- Marc	NOUGAIREDE Antoine
ATLAN Catherine (<i>disponibilité</i>)	FOUILLOUX Virginie	OLLIVIER Matthieu
BARTHELEMY Pierre	FROMONOT Julien	ODIN Claire
BARTOLI Christophe	GABORIT Bénédicte	OVAERT Caroline
BEGE Thierry	GASTALDI Marguerite	PAULMYER/LACROIX Odile
BELIARD Sophie	GELSI/BOYER Véronique	PERRIN Jeanne
BERBIS Julie	GIUSIANO Bernard	RANQUE Stéphane
BERGE-LEFRANC Jean-Louis	GIUSIANO COURCAMBECK Sophie	REY Marc
BEYER-BERJOT Laura	GONZALEZ Jean-Michel	ROBERT Philippe
BIRNBAUM David	GOURIET Frédérique	SABATIER Renaud
BONINI Francesca	GRAILLON Thomas	SARI-MINODIER Irène
BOUCRAUT Joseph	GRISOLI Dominique	SARLON-BARTOLI Gabrielle
BOULAMERY Audrey	GUENOUN MEYSSIGNAC Daphné	SAVEANU Alexandru
BOULLU/CIOCCA Sandrine	GUIDON Catherine	SECQ Véronique
BUFFAT Christophe	HAUTIER/KRAHN Aurélie	TOGA Caroline
CAMILLERI Serge	HRAIECH Sami	TOGA Isabelle
CARRON Romain	KASPI-PEZZOLI Elise	TROUSSE Delphine
CASSAGNE Carole	L'OLLIVIER Coralie	TUCHTAN-TORRENTS Lucile
CHAUDET Hervé	LABIT-BOUVIER Corinne	VALLI Marc
COZE Carole	LAFAGE/POCHITALOFF-HUVALE Marina	VELY Frédéric
DADOUN Frédéric (<i>disponibilité</i>)	LAGIER Aude (<i>disponibilité</i>)	VION-DURY Jean
DALES Jean-Philippe	LAGOANELLE/SIMEONI Marie-Claude	ZATTARA/CANNONI Hélène
DAUMAS Aurélie	LEVY/MOZZICONACCI Annie	
DEGEORGES/VITTE Joëlle	LOOSVELD Marie	
DEL VOLGO/GORI Marie-José	MANCINI Julien	
DELLIAUX Stéphane	MARY Charles	
DESPLAT/JEGO Sophie	MASCAUX Céline	
DEVEZE Arnaud (<i>disponibilité</i>)	MAUES DE PAULA André	
DUBOURG Grégory	MILLION Matthieu	
DUFOUR Jean-Charles	MOTTOLA GHIGO Giovanna	
EBBO Mikaël	NGUYEN PHONG Karine	

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

(mono-appartenants)

ABU ZINEH Mohammad	DEGIOANNI/SALLE Anna	POGGI Marjorie
BARBACARU/PERLES T. A.	DESNUES Benoît	RUEL Jérôme
BERLAND/BENHAÏM Caroline		STEINBERG Jean-Guillaume
BOUCAULT/GARROUSTE Françoise	MARANINCHI Marie	THOLLON Lionel
BOYER Sylvie	MERHEJ/CHAUVEAU Vicky	THIRION Sylvie
COLSON Sébastien	MINVIELLE/DEVICTOR Bénédicte	VERNA Emeline

MAITRE DE CONFERENCES DES UNIVERSITES DE MEDECINE GENERALE

GENTILE Gaëtan

MAITRES DE CONFERENCES ASSOCIES DE MEDECINE GENERALE à MI-TEMPS

BARGIER Jacques
BONNET Pierre-André
CALVET-MONTREDON Céline
GUIDA Pierre
JANCZEWSKI Aurélie

MAITRE DE CONFERENCES ASSOCIE à MI-TEMPS

REVIS Joana

MAITRE DE CONFERENCES ASSOCIE à TEMPS-PLEIN

TOMASINI Pascale

PROFESSEURS DES UNIVERSITES et MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS
PROFESSEURS ASSOCIES, MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES mono-appartenants

ANATOMIE 4201

CHAMPSAUR Pierre (PU-PH)
 LE CORROLLER Thomas (PU-PH)
 PIRRO Nicolas (PU-PH)

GUENOUN-MEYSSIGNAC Daphné (MCU-PH)
LAGIER Aude (MCU-PH) disponibilité

THOLLON Lionel (MCF) (60ème section)

ANATOMIE ET CYTOLOGIE PATHOLOGIQUES 4203

CHARAFE/JAUFFRET Emmanuelle (PU-PH)
 DANIEL Laurent (PU-PH)
 FIGARELLA/BRANGER Dominique (PU-PH)
 GARCIA Stéphane (PU-PH)
 XERRI Luc (PU-PH)

DALES Jean-Philippe (MCU-PH)
 GIUSIANO COURCAMBECK Sophie (MCU PH)
 LABIT/BOUVIER Corinne (MCU-PH)
 MAUES DE PAULA André (MCU-PH)
 SECQ Véronique (MCU-PH)

**ANESTHESIOLOGIE ET REANIMATION CHIRURGICALE ;
MEDECINE URGENCE 4801**

ALBANESE Jacques (PU-PH)
 BRUDER Nicolas (PU-PH)
 KERBAUL François (PU-PH)
 LEONE Marc (PU-PH)
MARTIN Claude (PU-PH) Surnombre
 MICHEL Fabrice (PU-PH)
 MICHELET Pierre (PU-PH)
 VELLY Lionel (PU-PH)

GUIDON Catherine (MCU-PH)

ANGLAIS 11

BRANDENBURGER Chantal (PRCE)

BURKHART Gary (PAST)

**BIOLOGIE ET MEDECINE DU DEVELOPPEMENT
ET DE LA REPRODUCTION ; GYNECOLOGIE MEDICALE 5405**

METZLER/GUILLEMAIN Catherine (PU-PH)

PERRIN Jeanne (MCU-PH)

BIOPHYSIQUE ET MEDECINE NUCLEAIRE 4301

GUEDJ Eric (PU-PH)
 GUYE Maxime (PU-PH)
MUNDLER Olivier (PU-PH) Surnombre
 TAIEB David (PU-PH)

BELIN Pascal (PR) (69ème section)
 RANJEVA Jean-Philippe (PR) (69ème section)

CAMMILLERI Serge (MCU-PH)
 VION-DURY Jean (MCU-PH)

BARBACARU/PERLES Téodora Adriana (MCF) (69ème section)

**BIostatISTIQUES, INFORMATIQUE MEDICALE
ET TECHNOLOGIES DE COMMUNICATION 4604**

CLAVERIE Jean-Michel (PU-PH) Surnombre
 GAUDART Jean (PU-PH)
 GIORGI Roch (PU-PH)

CHAUDET Hervé (MCU-PH)
 DUFOUR Jean-Charles (MCU-PH)

ANTHROPOLOGIE 20

ADALIAN Pascal (PR)

DEGIOANNI/SALLE Anna (MCF)
 VERNA Emeline (MCF)

BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE ; HYGIENE HOSPITALIERE 4501

CHARREL Rémi (PU PH)
 DRANCOURT Michel (PU-PH)
 FENOLLAR Florence (PU-PH)
 FOURNIER Pierre-Edouard (PU-PH)
 NICOLAS DE LAMBALLERIE Xavier (PU-PH)
 LA SCOLA Bernard (PU-PH)
 RAOULT Didier (PU-PH)

ANGELAKIS Emmanouil (MCU-PH)
 DUBOURG Grégory (MCU-PH)
 GOURIET Frédérique (MCU-PH)
 NOUGAIREDE Antoine (MCU-PH)
 NINOVE Laetitia (MCU-PH)

CHABRIERE Eric (PR) (64ème section)
 LEVASSEUR Anthony (PR) (64ème section)
 DESNUES Benoit (MCF) (65ème section)
 MERHEJ/CHAUVEAU Vicky (MCF) (87ème section)

BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE 4401

BARLIER/SETTI Anne (PU-PH)
ENJALBERT Alain (PU-PH) Surnombre
 GABERT Jean (PU-PH)
 GUIEU Régis (PU-PH)
 OUAFIK L'Houcine (PU-PH)

BUFFAT Christophe (MCU-PH)
 FROMONOT Julien (MCU-PH)
 MOTTOLA GHIGO Giovanna (MCU-PH)
 SAVEANU Alexandru (MCU-PH)

BIOLOGIE CELLULAIRE 4403

ROLL Patrice (PU-PH)

GASTALDI Marguerite (MCU-PH)
 KASPI-PEZZOLI Elise (MCU-PH)
 LEVY-MOZZICONNACCI Annie (MCU-PH)

CARDIOLOGIE 5102

AVIERINOS Jean-François (PU-PH)
 BONELLO Laurent (PU PH)
 BONNET Jean-Louis (PU-PH)
 CUISSET Thomas (PU-PH)
 DEHARO Jean-Claude (PU-PH)
 FRANCESCHI Frédéric (PU-PH)
 HABIB Gilbert (PU-PH)
 PAGANELLI Franck (PU-PH)
 THUNY Franck (PU-PH)

CHIRURGIE DIGESTIVE 5202

BERDAH Stéphane (PU-PH)
 HARDWIGSEN Jean (PU-PH)
LE TREUT Yves-Patrice (PU-PH) Surnombre
 SIELEZNEFF Igor (PU-PH)

BEYER-BERJOT Laura (MCU-PH)

CHIRURGIE GENERALE 5302

GIUSIANO Bernard (MCU-PH)
MANCINI Julien (MCU-PH)

ABU ZAINEH Mohammad (MCF) (5ème section)
BOYER Sylvie (MCF) (5ème section)

CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE ET TRAUMATOLOGIQUE 5002

ARGENSON Jean-Noël (PU-PH)
BLONDEL Benjamin (PU-PH)
CURVALE Georges (PU-PH)
FLECHER Xavier (PU-PH)
PARRATTE Sébastien (PU-PH)
ROCHWERGER Richard (PU-PH)
TROPANO Patrick (PU-PH)

OLLIVIER Matthieu (MCU-PH)

CANCEROLOGIE ; RADIOTHERAPIE 4702

BERTUCCI François (PU-PH)
CHINOT Olivier (PU-PH)
COWEN Didier (PU-PH)
DUFFAUD Florence (PU-PH)
GONCALVES Anthony (PU-PH)
HOUVENAEHEL Gilles (PU-PH)
LAMBAUDIE Eric (PU-PH)
MARANINCHI Dominique (PU-PH) *Surnombre*
SALAS Sébastien (PU-PH)
VIENS Patrice (PU-PH)

SABATIER Renaud (MCU-PH)

CHIRURGIE THORACIQUE ET CARDIOVASCULAIRE 5103

COLLART Frédéric (PU-PH)
D'JOURNO Xavier (PU-PH)
DODDOLI Christophe (PU-PH)
GARIBOLDI Vlad (PU-PH)
MACE Loïc (PU-PH)
THOMAS Pascal (PU-PH)

FOUILLOUX Virginie (MCU-PH)
GRISOLI Dominique (MCU-PH)
TROUSSE Delphine (MCU-PH)

CHIRURGIE VASCULAIRE ; MEDECINE VASCULAIRE 5104

ALIMI Yves (PU-PH)
AMABILE Philippe (PU-PH)
BARTOLI Michel (PU-PH)
MAGNAN Pierre-Edouard (PU-PH)
PIQUET Philippe (PU-PH)

SARLON-BARTOLI Gabrielle (MCU-PH)

HISTOLOGIE, EMBRYOLOGIE ET CYTOGENETIQUE 4202

GRILLO Jean-Marie (PU-PH) *Surnombre*
LEPIDI Hubert (PU-PH)

ACHARD Vincent (MCU-PH) *disponibilité*
PAULMYER/LACROIX Odile (MCU-PH)

DERMATOLOGIE - VENERELOGIE 5003

BERBIS Philippe (PU-PH)
GAUDY/MARQUESTE Caroline (PU-PH)
GROB Jean-Jacques (PU-PH)
RICHARD/LALLEMAND Marie-Aleth (PU-PH)

DUSI

COLSON Sébastien (MCF)

ENDOCRINOLOGIE ,DIABETE ET MALADIES METABOLIQUES ; GYNECOLOGIE MEDICALE 5404

BRUE Thierry (PU-PH)
CASTINETTI Frédéric (PU-PH)

EPIDEMIOLOGIE, ECONOMIE DE LA SANTE ET PREVENTION 4601

AUQUIER Pascal (PU-PH)
BOYER Laurent (PU-PH)
CHABOT Jean-Michel (PU-PH)
GENTILE Stéphanie (PU-PH)
SAMBUC Roland (PU-PH) *Surnombre*
THIRION Xavier (PU-PH)

DELPERO Jean-Robert (PU-PH)
MOUTARDIER Vincent (PU-PH)
SEBAG Frédéric (PU-PH)
TURRINI Olivier (PU-PH)

BEGE Thierry (MCU-PH)
BIRNBAUM David (MCU-PH)

CHIRURGIE INFANTILE 5402

GUYS Jean-Michel (PU-PH)
JOUVE Jean-Luc (PU-PH)
LAUNAY Franck (PU-PH)
MERROT Thierry (PU-PH)
VIEHWEGER Heide Elke (PU-PH)

CHIRURGIE MAXILLO-FACIALE ET STOMATOLOGIE 5503

CHOSSEGROS Cyrille (PU-PH)
GUYOT Laurent (PU-PH)

FOLETTI Jean-Marc (MCU-PH)

CHIRURGIE PLASTIQUE,

RECONSTRUCTRICE ET ESTHETIQUE ; BRÛLOGIE 5004

CASANOVA Dominique (PU-PH)
LEGRE Régis (PU-PH)

HAUTIER/KRAHN Aurélie (MCU-PH)

GASTROENTEROLOGIE ; HEPATOLOGIE ; ADDICTOLOGIE 5201

BARTHET Marc (PU-PH)
BERNARD Jean-Paul (PU-PH)
BOTTA-FRIDLUND Danielle (PU-PH)
DAHAN-ALCARAZ Laetitia (PU-PH)
GEROLAMI-SANTANDREA René (PU-PH)
GRANDVAL Philippe (PU-PH)
GRIMAUD Jean-Charles (PU-PH)
SEITZ Jean-François (PU-PH)
VITTON Véronique (PU-PH)

GONZALEZ Jean-Michel (MCU-PH)

GENETIQUE 4704

BEROUD Christophe (PU-PH)
KRAHN Martin (PU-PH)
LEVY Nicolas (PU-PH)
MONCLA Anne (PU-PH)
SARLES/PHILIP Nicole (PU-PH)

NGYUEN Karine (MCU-PH)
TOGA Caroline (MCU-PH)
ZATTARA/CANNONI Hélène (MCU-PH)

GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE ; GYNECOLOGIE MEDICALE 5403

AGOSTINI Aubert (PU-PH)
BOUBLI Léon (PU-PH)
BRETTELLE Florence (PU-PH)
CARCOPINO-TUSOLI Xavier (PU-PH)
COURBIERE Blandine (PU-PH)
CRAVELLO Ludovic (PU-PH)
D'ERCOLE Claude (PU-PH)

BERBIS Julie (MCU-PH)
LAGOUANELLE/SIMEONI Marie-Claude (MCU-PH)

MINVIELLE/DEVICTOR Bénédicte (MCF)(06ème section)
TANTI-HARDOUIN Nicolas (PRAG)

IMMUNOLOGIE 4703

KAPLANSKI Gilles (PU-PH)
MEGE Jean-Louis (PU-PH)
OLIVE Daniel (PU-PH)
VIVIER Eric (PU-PH)

FERON François (PR) (69ème section)

BOUCAUT Joseph (MCU-PH)
DEGEORGES/VITTE Joëlle (MCU-PH)
DESPLAT/JEGO Sophie (MCU-PH)
ROBERT Philippe (MCU-PH)
VELY Frédéric (MCU-PH)

BOUCAULT/GARROUSTE Françoise (MCF) 65ème section)

MALADIES INFECTIEUSES ; MALADIES TROPICALES 4503

BROUQUI Philippe (PU-PH)
LAGIER Jean-Christophe (PU-PH)
PAROLA Philippe (PU-PH)
STEIN Andréas (PU-PH)

MILLION Matthieu (MCU-PH)

MEDECINE INTERNE ; GERIATRIE ET BIOLOGIE DU VIEILLISSEMENT ; MEDECINE GENERALE ; ADDICTOLOGIE 5301

BONIN/GUILLAUME Sylvie (PU-PH)
DISDIER Patrick (PU-PH)
DURAND Jean-Marc (PU-PH)
FRANCES Yves (PU-PH) Surnombre
GRANEL/REY Brigitte (PU-PH)
HARLE Jean-Robert (PU-PH)
ROSSI Pascal (PU-PH)
SCHLEINITZ Nicolas (PU-PH)

EBBO Mikael (MCU-PH)

GENTILE Gaëtan (MCF Méd. Gén. Temps plein)

ADNOT Sébastien (PR associé Méd. Gén. à mi-temps)
FILIPPI Simon (PR associé Méd. Gén. à mi-temps)

BARGIER Jacques (MCF associé Méd. Gén. À mi-temps)
BONNET Pierre-André (MCF associé Méd. Gén à mi-temps)
CALVET-MONTREDON Céline (MCF associé Méd. Gén. à temps plein)
GUIDA Pierre (MCF associé Méd. Gén. à mi-temps)
JANCZEWSKI Aurélie (MCF associé Méd. Gén. À mi-temps)

NUTRITION 4404

DARMON Patrice (PU-PH)
RACCAH Denis (PU-PH)
VALERO René (PU-PH)

ATLAN Catherine (MCU-PH) disponibilité
BELIARD Sophie (MCU-PH)

MARANINCHI Marie (MCF) (66ème section)

ONCOLOGIE 65 (BIOLOGIE CELLULAIRE)

CHABANNON Christian (PR) (66ème section)
SOBOL Hagay (PR) (65ème section)

OPHTALMOLOGIE 5502

DENIS Danièle (PU-PH)
HOFFART Louis (PU-PH)
MATONTI Frédéric (PU-PH)
RIDINGS Bernard (PU-PH) Surnombre

HEMATOLOGIE ; TRANSFUSION 4701

BLAISE Didier (PU-PH)
COSTELLO Régis (PU-PH)
CHIARONI Jacques (PU-PH)
GILBERT/ALESSI Marie-Christine (PU-PH)
MORANGE Pierre-Emmanuel (PU-PH)
VEY Norbert (PU-PH)

GELSI/BOYER Véronique (MCU-PH)
LAFAGE/POCHITALOFF-HUVALE Marina (MCU-PH)
LOOSVELD Marie (MCU-PH)

POGGI Marjorie (MCF) (64ème section)

MEDECINE LEGALE ET DROIT DE LA SANTE 4603

LEONETTI Georges (PU-PH)
PELISSIER/ALICOT Anne-Laure (PU-PH)
PIERCECCHI/MARTI Marie-Dominique (PU-PH)

BARTOLI Christophe (MCU-PH)
TUCHTAN-TORRENTS Lucile (MCU-PH)

BERLAND/BENHAÏM Caroline (MCF) (1ère section)

MEDECINE PHYSIQUE ET DE READAPTATION 4905

BENSOUSSAN Laurent (PU-PH)
VITON Jean-Michel (PU-PH)

MEDECINE ET SANTE AU TRAVAIL 4602

LEHUCHER/MICHEL Marie-Pascale (PU-PH)

BERGE-LEFRANC Jean-Louis (MCU-PH)
SARI/MINODIER Irène (MCU-PH)

NEPHROLOGIE 5203

BERLAND Yvon (PU-PH) Surnombre
BRUNET Philippe (PU-PH)
BURTEY Stéphanne (PU-PH)
DUSSOL Bertrand (PU-PH)
JOURDE CHICHE Noémie (PU PH)
MOAL Valérie (PU-PH)

NEUROCHIRURGIE 4902

DUFOUR Henry (PU-PH)
FUENTES Stéphane (PU-PH)
REGIS Jean (PU-PH)
ROCHE Pierre-Hugues (PU-PH)
SCAVARDA Didier (PU-PH)

CARRON Romain (MCU PH)
GRAILLON Thomas (MCU PH)

NEUROLOGIE 4901

ATTARIAN Sharham (PU PH)
AUDOIN Bertrand (PU-PH)
AZULAY Jean-Philippe (PU-PH)
CECCALDI Mathieu (PU-PH)
EUSEBIO Alexandre (PU-PH)
FELICIAN Olivier (PU-PH)
PELLETIER Jean (PU-PH)

PEDOPSYCHIATRIE; ADDICTOLOGIE 4904

DA FONSECA David (PU-PH)
POINSON François (PU-PH)

OTO-RHINO-LARYNGOLOGIE 5501

DESSI Patrick (PU-PH)
 FAKHRY Nicolas (PU-PH)
 GIOVANNI Antoine (PU-PH)
 LAVIELLE Jean-Pierre (PU-PH)
 NICOLLAS Richard (PU-PH)
 TRIGLIA Jean-Michel (PU-PH)

DEVEZE Arnaud (MCU-PH) *Disponibilité*

REVIS Joana (MAST) (Orthophonie) (7ème Section)

**PHARMACOLOGIE FONDAMENTALE -
PHARMACOLOGIE CLINIQUE; ADDICTOLOGIE 4803**

BLIN Olivier (PU-PH)
 FAUGERE Gérard (PU-PH) *Surnombre*
 MICALLEF/ROLL Joëlle (PU-PH)
 SIMON Nicolas (PU-PH)

BOULAMERY Audrey (MCU-PH)
 VALLI Marc (MCU-PH)

PARASITOLOGIE ET MYCOLOGIE 4502

DESSEIN Alain (PU-PH) *Surnombre*

CASSAGNE Carole (MCU-PH)
 L'OLLIVIER Coralie (MCU-PH)
 MARY Charles (MCU-PH)
 RANQUE Stéphane (MCU-PH)
 TOGA Isabelle (MCU-PH)

PEDIATRIE 5401

ANDRE Nicolas (PU-PH)
 CHAMBOST Hervé (PU-PH)
 DUBUS Jean-Christophe (PU-PH)
 GIRAUD/CHABROL Brigitte (PU-PH)
 MICHEL Gérard (PU-PH)
 MILH Mathieu (PU-PH)
 REYNAUD Rachel (PU-PH)
 SARLES Jacques (PU-PH)
 TSIMARATOS Michel (PU-PH)

COZE Carole (MCU-PH)
 FABRE Alexandre (MCU-PH)
 OUDIN Claire (MCU-PH)
 OVAERT Caroline (MCU-PH)

PSYCHIATRIE D'ADULTES ; ADDICTOLOGIE 4903

BAILLY Daniel (PU-PH)
 LANCON Christophe (PU-PH)
 NAUDIN Jean (PU-PH)

CHOLOGIE - PSYCHOLOGIE CLINIQUE, PSYCHOLOGIE SOCIALE 16

AGHABABIAN Valérie (PR)

RADIOLOGIE ET IMAGERIE MEDICALE 4302

BARTOLI Jean-Michel (PU-PH)
 CHAGNAUD Christophe (PU-PH)
 CHAUMOTRE Kathia (PU-PH)
 GIRARD Nadine (PU-PH)
 GORINCOUR Guillaume (PU-PH)
 JACQUIER Alexis (PU-PH)
 MOULIN Guy (PU-PH)
 PANUEL Michel (PU-PH)
 PETIT Philippe (PU-PH)
 VAROQUAUX Arthur Damien (PU-PH)
 VIDAL Vincent (PU-PH)

REANIMATION MEDICALE ; MEDECINE URGENCE 4802

GAINNER Marc (PU-PH)
 GERBEAUX Patrick (PU-PH)
 PAPAIZIAN Laurent (PU-PH)
 ROCH Antoine (PU-PH)

HRAIECH Sami (MCU-PH)

RHUMATOLOGIE 5001

GUIS Sandrine (PU-PH)
 LAFFORGUE Pierre (PU-PH)
 PHAM Thao (PU-PH)
 ROUDIER Jean (PU-PH)

PHILOSOPHIE 17

LE COZ Pierre (PR) (17ème section)

PHYSIOLOGIE 4402

BARTOLOMEI Fabrice (PU-PH)
 BREGEON Fabienne (PU-PH)
 MEYER/DUTOIR Anne (PU-PH)
 TREBUCHON/DA FONSECA Agnès (PU-PH)

BARTHELEMY Pierre (MCU-PH)
 BONINI Francesca (MCU-PH)
 BOULLU/CIOCCA Sandrine (MCU-PH)
 DADOUN Frédéric (MCU-PH) (*disponibilité*)
 DEL VOLGO/GORI Marie-José (MCU-PH)
 DELLIAUX Stéphane (MCU-PH)
 GABORIT Bénédicte (MCU-PH)
 REY Marc (MCU-PH)

LIMERAT/BOUDOURESQUE Françoise (MCF) (40ème section) Retraite 1/5/2018
 RUEL Jérôme (MCF) (69ème section)
 STEINBERG Jean-Guillaume (MCF) (66ème section)
 THIRION Sylvie (MCF) (66ème section)

PNEUMOLOGIE; ADDICTOLOGIE 5101

ASTOUL Philippe (PU-PH)
 BARLESI Fabrice (PU-PH)
 CHANEZ Pascal (PU-PH)
 CHARPIN Denis (PU-PH) *Surnombre*
 GREILLIER Laurent (PU-PH)
 REYNAUD/GAUBERT Martine (PU-PH)

MASCAUX Céline (MCU-PH)

TOMASINI Pascale (Maitre de conférences associé des universités)

THERAPEUTIQUE; MEDECINE D'URGENCE; ADDICTOLOGIE 4804

AMBROSI Pierre (PU-PH)
 BARTOLIN Robert (PU-PH) *Surnombre*
 VILLANI Patrick (PU-PH)

DAUMAS Aurélie (MCU-PH)

UROLOGIE 5204

BASTIDE Cyrille (PU-PH)
 KARSENTY Gilles (PU-PH)
 LECHEVALLIER Eric (PU-PH)
 ROSSI Dominique (PU-PH)

Remerciements

Remerciement à Monsieur le Professeur Pierre Michelet

Remerciement à Monsieur le Professeur Patrick Gerbeaux

Remerciement à Monsieur le Professeur François Kerbaul

Remerciement à Monsieur le Professeur Benoît Vivien

Remerciement à Monsieur le Docteur Nicolas Poirot

Remerciements à Monsieur le Professeur Pierre Carli,
Monsieur le Docteur Jean-Sébastien Marx et Monsieur Alain Kak

Remerciements à Monsieur le Docteur Fabien Farges,
L'équipe Helper Drone

Remerciements à Monsieur le Professeur Vincent Bounes,
Messieurs les Docteurs Paul-Olivier Miloche et Sébastien Ramade

Remerciements à tous mes proches, famille, amis

**A mon Président de Jury,
Monsieur le Professeur Pierre Michelet,**

Vous me faites l'honneur de présider ce jury de thèse.
Je vous remercie de m'avoir fait confiance et permis de réaliser ce travail qui
m'a passionné durant toute l'année.

Je suis très heureux de pouvoir bientôt rejoindre votre service.
Veuillez trouver ici, l'expression de ma sincère reconnaissance et mon plus
profond respect.

A Monsieur le Professeur Patrick Gerbeaux,

Je vous remercie d'avoir accepté de siéger dans mon jury de thèse
et de l'intérêt que vous avez porté à mon travail.
Je vous prie d'accepter ma sincère reconnaissance et mon profond respect.

A Monsieur le Professeur François Kerbault,

Je vous remercie d'avoir accepté de siéger dans mon jury de thèse
et de l'intérêt que vous avez porté à mon travail.

Je vous prie d'accepter ma sincère reconnaissance et mon profond respect.

A Monsieur le Professeur Benoît Vivien,

Je vous remercie d'avoir accepté de siéger dans mon jury de thèse,
de l'intérêt que vous portez à mon travail, des enseignements que vous m'avez
apportés durant mes 6 mois au SAMU de Paris et d'être venu à Marseille
aujourd'hui.

Je vous prie d'accepter ma sincère reconnaissance et mon profond respect.

**A mon directeur de thèse
Monsieur le Docteur Nicolas Poirot,**

Je te remercie d'avoir accepté de diriger cette thèse.
Je te suis très reconnaissant de m'avoir encadré tout au long de ce travail, à
Paris et à distance, d'avoir toujours été disponible et de bons conseils.
Merci également d'avoir fait le déplacement aujourd'hui à Marseille.

**A Monsieur le Professeur Pierre Carli,
Monsieur le Docteur Jean-Sébastien Marx et Monsieur Alain Kak,**

Je vous remercie de m'avoir permis de tester le drone lors de l'exercice de
médecine de catastrophe.

Je vous en suis très reconnaissant, mon semestre au SAMU de Paris a été très
enrichissant et m'a permis d'avancer sur ce travail.

Je vous prie d'accepter mon profond respect.

**A Monsieur le Docteur Fabien Farges,
L'équipe Helper Drone**

Je vous remercie d'être venu lors de l'exercice de médecine de catastrophe et
d'avoir fait voler le drone afin de réaliser les différents tests.

Je vous en suis très reconnaissant, j'étais très heureux de pouvoir travailler
avec vous.

Merci Fabien pour tout ce que tu m'as appris sur les drones, ta documentation
et tes multiples retours d'expériences.

**A Monsieur le Professeur Vincent Bounes,
Messieurs les Docteurs Paul-Olivier Miloche et Sebastien Ramade**

Je vous remercie de m'avoir partagé votre retour d'expérience et votre vision
sur les drones en médecine.

Je vous prie d'accepter ma sincère reconnaissance et mon profond respect.

A mon épouse Natacha : Je te remercie de ton soutien quotidien, ton aide dans ce travail, ton efficacité et surtout ta patience envers moi. Tu sais toujours m'encourager, me remotiver, grâce à ta force, ton attitude et ta joie de vivre. Tu as su me guider dans mes choix et me permettre d'en être là aujourd'hui !

A mes parents, sans qui je ne serais pas là non plus aujourd'hui. Je vous dois tout, votre soutien sans faille depuis des années. Vous avez toujours tout partagé avec moi, présents dans tous les moments, de réussites comme d'échecs. Ce goût du travail et des autres c'est grâce à vous.

A ma sœur et mon frère, qui m'ont encouragé depuis le début et surtout supporté ! Vous avez toujours été là pour m'aider, que ce soit en me faisant réciter ou lors de mes nombreuses lacunes en informatique. Merci pour tout, je suis si heureux et chanceux de vous avoir toujours à mes côtés.

A mes grands-parents, qui m'ont accueilli pendant 2 ans à Marseille. Vous avez toujours veillé à vous adapter à mon rythme de vie : diner ou tout simplement vous voir pendant mes pauses étaient pour moi une grande joie. Et comment ne pas finir par les bons plats et les coquillages qui m'apportaient un plaisir immense.

A mes grands-parents d'Aix, vous m'avez depuis le début encouragé à prendre la voie de la médecine. Vous m'avez toujours fait ressentir votre fierté, ce qui m'apporte énormément. Mes aïeux à commencer par mon arrière-grand-père m'ont sûrement transmis cette vocation...

A mes amis de médecine, vous vous reconnaitrez ! Depuis la P2 on a vécu tant de choses, d'abord des moments plus festifs puis plus studieux. Vous m'avez toujours impressionné dans votre travail, vos résultats et votre réussite. Je suis fier d'avoir une bande d'amis comme la nôtre et cela m'a toujours encouragé à progresser. A la sous colle évidemment, et au CCM, je me souviens de tous ces moments partagés à travailler et parfois surtout à décompresser !

A mes co-internes actuels, tous ces moments et délires en Réa resteront mémorables. Merci aussi de m'avoir soutenu et parfois laissé un peu de temps pour avancer cette thèse ! Et à tous mes co-internes d'avant, de mes autres supers stages.

Enfin à tous mes proches, famille, amis, qui ont toujours été présents autour de moi et qui de près ou de loin m'ont soutenu et motivé. Tous ces mots, attentions, encouragements sont essentiels.

Table des matières

INTRODUCTION	2
1. PRÉSENTATION GÉNÉRALE DES DRONES	4
A. Définition.....	4
B. Caractéristiques	5
C. Marché et coûts	8
2. RÉGLEMENTATIONS SUR LES DRONES.....	12
3. BILAN DES CONNAISSANCES ACTUELLES ET RETOURS D'EXPÉRIENCES.....	18
A. Arrêt cardiorespiratoire	18
B. Noyade	19
C. Livraison de médicaments.....	22
D. Retours d'expériences de certaines utilisations faites actuellement en France et non publiées dans un article.....	23
4. PERSPECTIVES D'UTILISATION DU DRÔNE EN MÉDECINE PRÉ-HOSPITALIÈRE.....	25
A. Exercice de médecine de catastrophe.....	25
i. Eléments d'épidémiologie des attentats terroristes et des blessures des victimes	26
ii. Intérêt du drone en médecine de catastrophe : exemple des attentats terroristes	27
iii. Organisation de l'exercice de catastrophe	28
iv. Test du drone lors de l'exercice de médecine de catastrophe	29
a) Objectifs	30
b) Intervenants	30
c) Caractéristiques du drone	31
d) Modalités et résultats	33
e) Limites liées à l'exercice	39
f) Points de travail majeurs identifiés.....	39
B. Axes de travail	40
i. Revue de quelques projets de développement en cours des drones	40
ii. « Risk Assessment »	41
iii. Groupe de travail sur les drones.....	42
CONCLUSION	43
RÉFÉRENCES	44
ABRÉVIATIONS	47

INTRODUCTION

L'accès à la troisième dimension à visée médicale ne date pas d'aujourd'hui et a commencé au début du XXème siècle avec les premières évacuations sanitaires aériennes sur des avions militaires non aménagés, le premier cas recensé étant réalisé par les Italiens lors de leur campagne militaire en Libye en 1911. Après les premiers essais concluants de 1917 au Maroc (1) et les premières réalisations de 1919, l'intérêt de l'aviation sanitaire se confirme. Avant de connaître la gloire avec l'aéropostale, Jean Mermoz commence sa carrière comme pilote militaire en Syrie dans les années 1920 où se généralise l'emploi des avions pour les évacuations sanitaires.

Ainsi, en 1943, l'armée américaine fait usage de cette innovation pour évacuer ses blessés en Birmanie grâce à un pont aérien mis en place entre la Birmanie et l'Inde (2). Les premières évacuations sanitaires héliportées sont réalisées par les Américains pendant la guerre de Corée (1950-1953) puis massivement lors de la guerre du Vietnam (1963-1973). Pour les Français, c'est en Indochine que sont effectués les premiers transports de ce type par l'armée, avec Valérie André, médecin et pilote. Elle en développera l'usage pendant la guerre d'Algérie, où les hélicoptères seront engagés très fréquemment pour les « évasan » (évacuation sanitaire aérienne).

Ces techniques ne tardent pas à se déployer dans la sphère civile et la première médicalisation sanitaire civile a lieu sur l'axe Paris-Rouen en 1963, suite à un carambolage sur l'autoroute. C'est toutefois 1975 qui marque vraiment le début des médicalisations en hélicoptère avec la sécurité civile et la gendarmerie.

En parallèle, une autre technologie aérienne se développe : les drones, c'est-à-dire un aéronef télécommandé (ou UAV : Unmanned Aerial Vehicule), sans pilote à bord. La conceptualisation de cet engin est loin d'être aussi récente que sa popularité actuelle, puisqu'elle remonte à la fin de la première guerre mondiale. Dans le domaine militaire, l'essor majeur des drones date de la Guerre Froide (3), puis des guerres du Vietnam et du

Kippour où ils sont engagés pour la première fois. Comme pour le transport sanitaire, le secteur de la défense constitue un vivier historique pour le développement de technologies de rupture qui sont par la suite réutilisées dans le secteur civil. C'est ainsi que l'on voit émerger l'utilisation du drone civil dans le cadre de prises en charge médicales.

Bien que certaines utilisations aient fait l'objet de publications dans des revues médicales, cette innovation technologique récente reste encore peu définie et peu connue du monde de la santé. Les années à venir verront très certainement se développer ces nouvelles technologies afin de les mettre au service de la médecine.

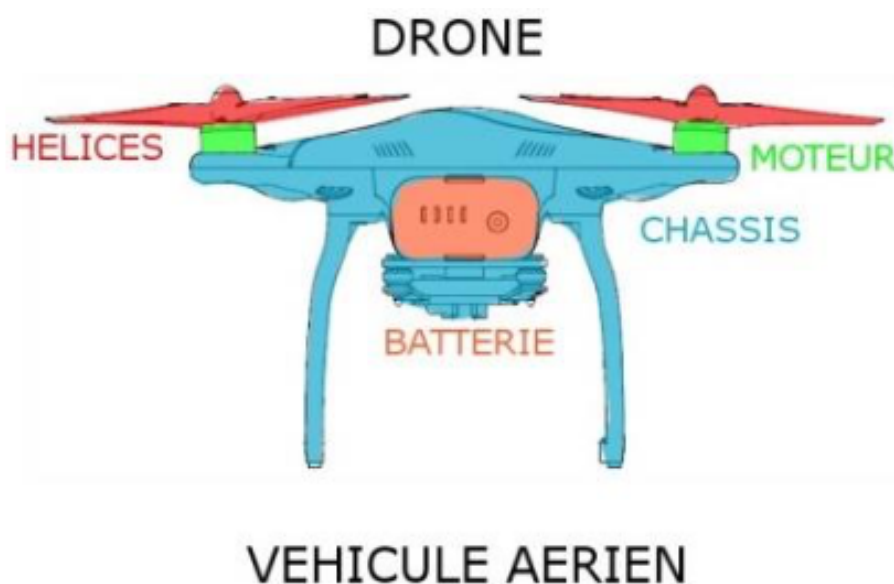
Dans cette thèse, nous proposons d'étudier les usages actuels et futurs des UAV en médecine pré-hospitalière.

1. PRÉSENTATION GÉNÉRALE DES DRONES

A. Définition

On définit un drone comme un aéronef, c'est-à-dire un moyen de transport capable de s'élever et de se mouvoir en altitude, au sein de l'atmosphère terrestre. La particularité d'un drone est d'être un aéronef sans humain à bord. Les aéronefs sont divisés en 2 classes principales en fonction du moyen de sustentation utilisé. L'aérostat utilise une force statique (« plus léger que l'air » tel qu'une montgolfière), tandis que l'aérodyne génère une force dynamique pour équilibrer les poids. Le drone est un **aérodyn**e, **automatisé ou piloté à distance**, nommé fréquemment **UAV (Unmanned Aerial Vehicle)**.

Un drone est un aéronef (4) équipé de moteurs avec hélices, d'un châssis et d'une batterie.



Source : SDIS 91

Pour l'anecdote, la dénomination de « drone » (3) (terme désignant en anglais un « faux bourdon », mâle de l'abeille) a été octroyée dans les années 1930 au Royaume-Uni par comparaison ironique aux « Queen Bee ». Leur vol bruyant, lent et paresseux ressemble plus à la vie du bourdon éphémère qu'à celui d'une reine abeille. Cette dénomination a perduré et s'est institutionnalisée.

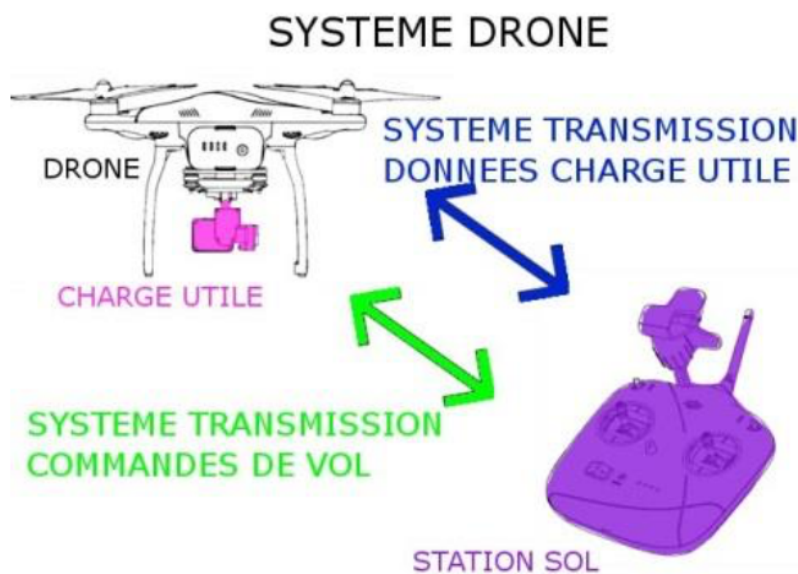
Le drone s'est démocratisé dès le début des années 2010 sous l'effet de plusieurs facteurs dont la réduction des coûts, la miniaturisation des composants, l'accessibilité croissante des équipements et leur meilleure maniabilité.

Comme nous l'avons vu en introduction, le drone peut avoir une utilisation militaire ou civile. Nous allons nous intéresser plus spécifiquement à l'utilisation civile.

B. Caractéristiques

On utilise le terme « système drone » (4) pour décrire le drone dans un système global qui comprend une station sol, une télémétrie pour les commandes de vol et une autre pour le retour vidéo, et la partie la plus intéressante : la charge utile, capteur de toute nature ou système actionneur.

Un « système drone » civil, plus simplement appelé « drone », est un **robot volant, truffé de capteurs, piloté à distance, et qui permet d'embarquer une charge utile spécifique.**



Source : SDIS 91

Cette charge utile peut prendre la forme d'un appareil photo, d'une caméra vidéo, d'une caméra thermique, de sondes ou tout autre type de capteur. En fonction de la taille du

drone, le poids de la charge utile peut atteindre plusieurs kilogrammes (4 à 5 kg). La charge utile embarquée sur un drone, comme une caméra, va permettre d'effectuer des prises de vue. Les applications sont nombreuses et peuvent comporter des intérêts multiples en associant possiblement différentes charges utiles.

Dans les formes que peuvent prendre un drone (5), nous allons en distinguer 2 principales:

- les multicopters (quadricoptères, hexacoptères, octocoptères, décacoptères)
- les ailes fixes (ailes volantes, avions)

Les drones les plus utilisés sont les multicopters.



Source : Technidrone (formation et prestations drone)

Grâce à la capture aisée de différentes données aériennes, les applications dans le secteur civil sont très diverses. **L'audiovisuel** reste aujourd'hui le secteur qui regroupe le plus grand nombre de professionnels du drone. On retrouve un réel potentiel de croissance dans l'industrie (réseaux, construction) mais également dans l'agriculture qui est un marché en forte expansion (relevé de données, épandage etc.).

Les principaux avantages des drones sont :

- La sécurité
- Le gain de temps
- L'ouverture de nouvelles perspectives (accès à des endroits impossibles)
- La dimension écologique
- L'innovation technologique (image positive)

Pilotage des drones :

Le **pilotage des drones** peut être soit radiocommandé, soit contrôlé via smartphone:

- Radiocommandé : contrôlé via radiofréquence avec une radiocommande
- Commandé via smartphone : connecté en WiFi sur tablette ou smartphone

Via smartphone, ils sont plus faciles d'utilisation et de pilotage car ils possèdent plus d'électronique que les drones radiocommandés, permettant ainsi d'aider à un grand nombre de fonctions pendant le vol. Par exemple, pour le décollage, il suffit de pousser sur un bouton pour qu'il décolle et se stabilise à 1 mètre automatiquement dans l'attente des prochaines instructions. Cependant, pour les drones haut-de-gamme, le WiFi va vite être limité par sa portée qui a une distance maximale de 200 mètres.

Qualité de l'image :

Qu'il soit contrôlé par une radiocommande ou un smartphone, diriger le drone par l'intermédiaire d'une caméra sans fil et d'un écran se nomme « Vol en Immersion ou FPV » (« First Person View ») (6).

La qualité de l'image va varier selon le niveau de définition de la caméra. En effet, un drone équipé d'une caméra haute définition donnera un rendu d'image exceptionnel en prise de vue ou en vidéo. Les caméras de type HD embarquées sur les drones varient d'une résolution de 5 MégaPixel (MP) jusqu'à 20MP allant jusqu'à des qualités de vidéos en 4K UHD.

Les différents éléments vus ci-dessus vont déterminer des caractéristiques qui vont varier d'un drone à un autre. Parmi les points importants à retenir et à prendre en compte, on notera **la portée des drones, le poids et la puissance des batteries qui vont déterminer l'autonomie**. Les fonctionnalités vont également varier.

C. Marché et coûts

Le marché du drone représentait en France environ 160 millions d'euros en 2016 (7) et 6 milliards de dollars de chiffre d'affaires au niveau mondial dans le secteur professionnel, (8) et représenterait 50 milliards de dollars à horizon 2025.

Pour réaliser un comparatif précis sur les drones, il faut définir un budget car **c'est le prix** qui va décider de sa qualité et de ses fonctionnalités.

Nous pouvons classer les drones en 3 catégories de prix (6) :

- (1) 50 à 300 euros
- (2) 300 à 1000 euros
- (3) 1000 à 10 000 euros

(1) 50 à 300 euros : Les drones à moins de 300 euros sont des drones de base avec des fonctionnalités telles que les prises de vue avec une caméra vidéo basique et une autonomie de 7 à 10 minutes.

Exemple type : le drone Husban X4 H10 7D+ (vendu aux alentours de 200 euros avec retour vidéo en direct)



i FICHE TECHNIQUE

- **Type** : Mini-drone avec cam HD FPV
- **Vitesse en vol** : 40 km/h
- **Caméra** : HD 720p FPV
- **Autonomie** : 7 minutes
- **Portée** : 100 mètres
- **Mémoire** : Carte SD
- **Pilotage** : Télécommande retour vidéo

Source : Les drones.com

(2) Les drones à moins de 1000 euros :

Voici les caractéristiques clés de cette gamme :

- L'autonomie est augmentée dans cette gamme entre 20 et 40 minutes.
- La vitesse de vol se situe entre 50 et 100 km/h.
- La portée maximale passe de 300 mètres à 7 km.
- Diverses fonctionnalités liées au pilotage : mode de contrôle sur la manette, retour automatique, puce GPS, parcours programmable etc. La fonctionnalité « retour au point de départ » ou « return to home (RTH) » permet de faire revenir le drone à son point d'origine en pressant un simple bouton sur la télécommande.

Les 2 drones phares de cette catégorie sont le DJI Spark (cf première image ci-jointe) et le Parrot Behop 2 (cf deuxième image ci-jointe).



Source : Les drones.com

i FICHE TECHNIQUE

- **Type** : Mini drone avec caméra HD
- **Vitesse en vol** : 50 km/h
- **Caméra** : Full HD, 12 mégapixels
- **Autonomie** : 16 minutes
- **Portée** : 110 mètres en smartphone
- **Détection d'obstacles** : oui
- **Pilotage** : Smartphone /Contrôleur



Source : Les drones.com

i FICHE TECHNIQUE

- **Type** : Drone Caméra FULL HD
- **Vitesse en vol** : 57 km/h
- **Caméra** : 12MP 1920x1080p
- **Autonomie** : 25 minutes
- **Portée** : 2000 mètres
- **Connexion** : Wifi/Radio
- **Pilotage** : Skycontroller, Tablette & Smartphone

(3) Les drones à plus de 1000 euros :

On passe dans la catégorie « **professionnels** » avec un paramètre important : **le poids que le drone est capable de soulever**. En effet, dans ces cas il est possible de placer des caméras performantes (4K, RAW) avec des accessoires permettant de les pivoter...

Les 2 drones incontournables de cette catégorie sont le DJI Mavic Pro et DJI Phantom 4.



Source : Les drones.com

i FICHE TECHNIQUE Meilleur drone 2017

- **Type** : Drone pliable avec caméra 4K
- **Vitesse en vol** : 65 km/h
- **Caméra** : 4K, 12 mpx
- **Autonomie** : 27 minutes
- **Portée** : 7 kilomètres
- **Connexion** : Radio, Wifi, bluetooth
- **Pilotage** : Télécommande + smartphone



Source : Les drones.com

i FICHE TECHNIQUE

- **Type** : Drone avec caméra 4K radio
- **Vitesse en vol** : 72 km/h
- **Caméra** : 4K UHD, 12 mégapixels
- **Autonomie** : 25 minutes
- **Portée** : 3500 mètres + GPS
- **Connexion** : Ondes radio
- **Pilotage** : Contrôleur radio-commandé

Quel que soit le budget, il est important lors de l'achat d'un drone de **se référer à la législation**, surtout s'il pèse plus de 800 grammes car dans ce cas, **une autorisation spéciale de vol** doit être obligatoirement délivrée par la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC).

2. RÉGLEMENTATIONS SUR LES DRONES

L'utilisation en extérieur d'engins volants, même de petite taille et non habités, est considérée comme une activité et relève donc de la **réglementation applicable à l'aviation civile**. La France est l'un des premiers pays à avoir établi une réglementation pour l'utilisation des drones civils sur son territoire. Cette réglementation a veillé à être mesurée afin de préserver l'essor de la filière du drone.

Le développement des drones civils a connu une évolution très rapide. Dès 2012, la DGAC rattachée au Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire (9), a mis sur pied un cadre réglementaire afin d'assurer une exploitation de ces appareils en toute sécurité dans le cadre d'usages professionnels (10).

Deux arrêtés « drones » du 17/12/2015, parus au Journal officiel de la République Française en date du 24 décembre 2015, et entrés en vigueur le 01/01/2016, remplacent les arrêtés du 11 avril 2012 :

- *Arrêté du 17 décembre 2015* : Relatif à la conception des aéronefs civils qui circulent sans personne à bord, aux conditions de leur emploi et aux capacités requises des personnes qui les utilisent
- *Arrêté du 17 décembre 2015* : Relatif à l'utilisation de l'espace aérien par les aéronefs qui circulent sans personne à bord

Ces 2 arrêtés distinguent plusieurs régimes, en fonction, non pas des machines elles-mêmes, mais de l'utilisation qui en est faite. Dès lors que l'utilisation n'est pas limitée au loisir ou à la compétition, que l'exploitant soit ou non une société et que cette utilisation ait lieu ou non dans le cadre d'une transaction commerciale, on parle d'**activités particulières**. Pour les vols de développement ou de mise au point, on parle d'**expérimentation**.

Principes de la réglementation pour les activités particulières :

La réglementation identifie 4 scénarii opérationnels (11) pour lesquels les conditions d'autorisations ont été définies précisément. Tout vol en dehors de ces 4 scénarii ou en déviation à ces conditions ne peut être envisagé que dans le cadre d'une autorisation spécifique, après étude au cas par cas d'un dossier justifiant le maintien d'un niveau de sécurité acceptable.

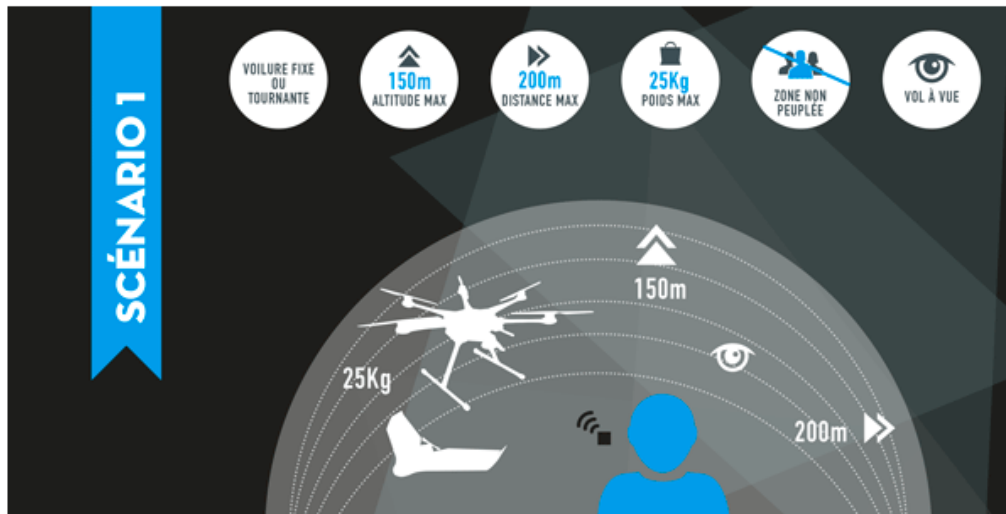
La pratique des scénarii ci-dessous est soumise à des exigences réglementaires (formations, critères techniques) mais aussi à une déclaration d'activité auprès de la DGAC, à renouveler tous les 24 mois.



Source : site Fédération Professionnelle du Drone Civil

Les différents scénarii sont détaillés ci-dessous :

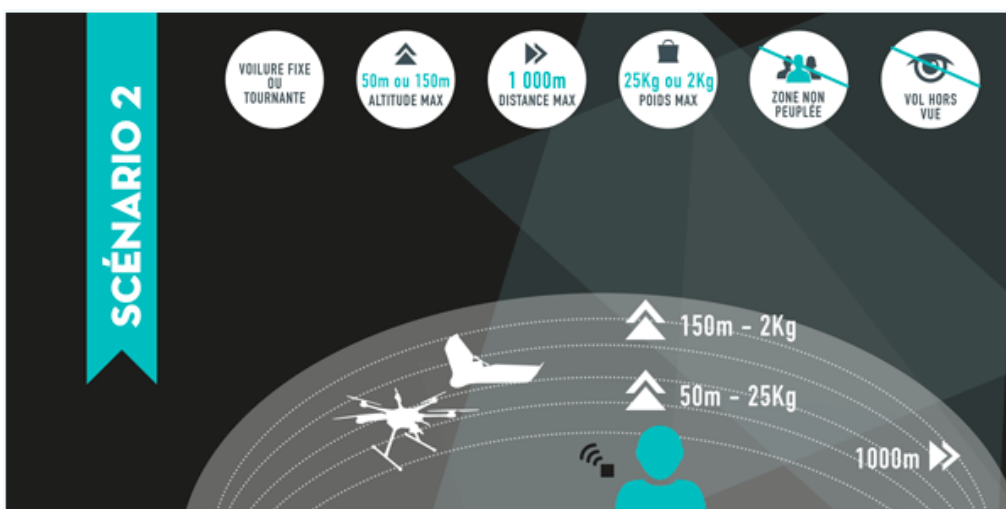
Scénario 1 :



Source : Technidrone (formation et prestations drone)

Opération en vue directe du télé-pilote se déroulant hors zone peuplée, à une distance horizontale maximale de 200 mètres du télé-pilote ; interdiction de survoler un rassemblement de personnes ; distance minimum de vol supérieure à 30 mètres de toute personne extérieure à la prestation.

Scénario 2 :

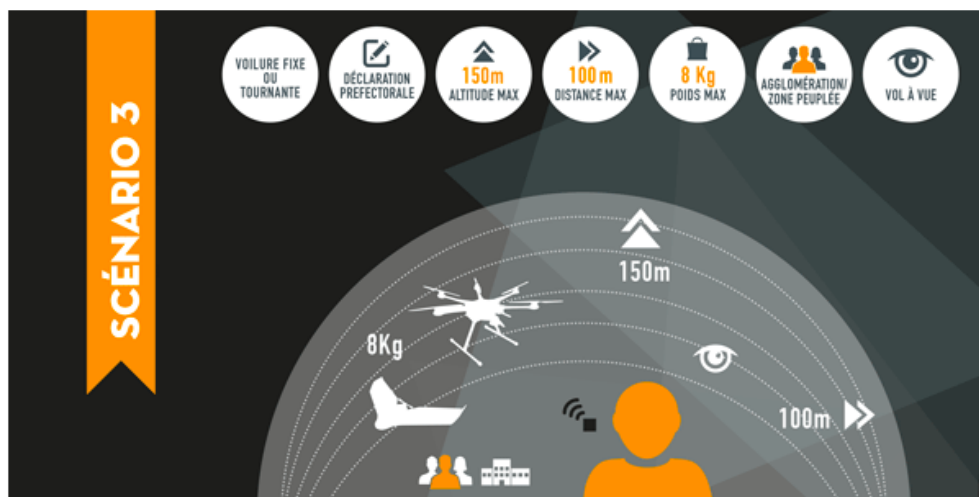


Source : Technidrone (formation et prestations drone)

Opération se déroulant sans aucune personne dans la zone d'évolution, hors vue directe, dans un volume de dimension horizontale maximale de rayon d'un kilomètre et de hauteur inférieure à 50 mètres (poids du drone < 25 kg) ou inférieure à 150 mètres (poids du drone < 2kg) au-dessus du sol ou des obstacles artificiels.

Les aéronefs utilisés dans le cadre de ce scénario doivent disposer d'un moyen d'information sur le positionnement de l'aéronef : télémétrie. Ces aéronefs doivent obligatoirement pouvoir enregistrer les paramètres essentiels du vol durant les 20 dernières minutes de vol.

Scénario 3 :

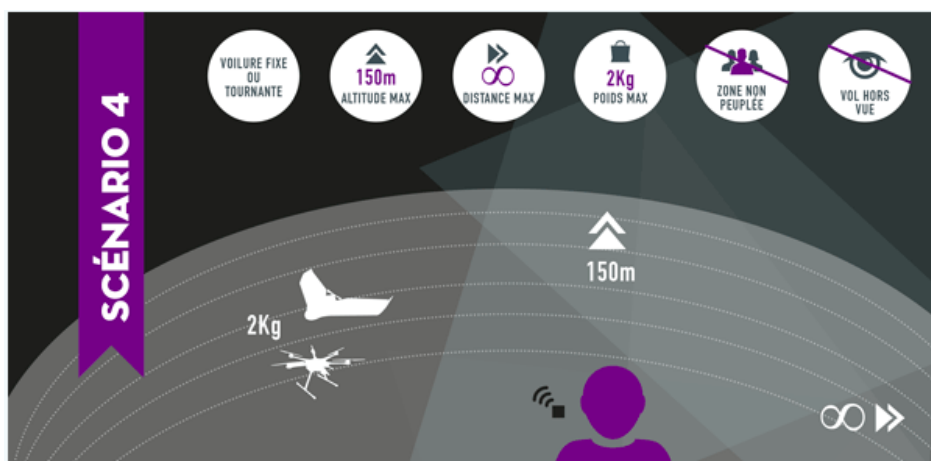


Source : Technidrone (formation et prestations drone)

Opération se déroulant en agglomération ou à proximité d'un rassemblement de personnes ou d'animaux, en vue directe du télé-pilote, à une distance horizontale maximale de 100 mètres du télé-pilote.

Les aéronefs télé-pilotés autorisés dans ce cadre sont équipés d'un dispositif de protection des tiers limitant à 69 joules l'énergie d'impact. Le dispositif se déclenche automatiquement lorsque le dispositif fail-crash (atterrissage d'urgence) est mis en œuvre. Il est déclenché également sur commande du pilote en cas de besoin.

Scénario 4 :



Source : Technidrone (formation et prestations drone)

Activité particulière de relevés, photographies, observations et surveillances aériennes se déroulant, hors vue directe, hors zone peuplée et ne répondant pas aux critères du scénario S-2 ; la hauteur de vol est inférieure à 150 mètres au-dessus du sol ou au-dessus des obstacles artificiels.

Une autorisation est requise et doit être obtenue auprès de la DGAC locale pour tout aéronef utilisé dans le cadre du scénario opérationnel S4.

Les aéronefs utilisés dans ce cadre doivent disposer d'un moyen d'information sur le positionnement de l'aéronef : télémétrie. Ces aéronefs doivent obligatoirement pouvoir enregistrer les paramètres essentiels du vol durant les 20 dernières minutes de vol. Ils sont également équipés d'un dispositif de vision orienté vers l'avant de l'aéronef et dont les informations sont transmises sur le dispositif de commande.

La publication de **l'arrêté du 30 mars 2017** modifie celui du 17 décembre 2015, afin de permettre les évolutions des aéronefs qui circulent dans des zones réglementées ou dangereuses. Lorsque la publication d'information aéronautique (AIP) l'autorise explicitement, leur évolution de nuit et dans les nuages est possible lorsqu'une ségrégation avec les autres usagers est assurée.

Le 30 août 2017 voit l'entrée en service du portail web MON ESPACE DRONE permettant aux exploitants professionnels de drones de :

- Gérer leurs données personnelles
- Réaliser les déclarations d'activités
- Réaliser les bilans annuels d'activités
- Notifier au Ministère des Armées tous les vols hors vue et les vols en vue ou à plus de 50 mètres de hauteur dans les zones de manœuvre et d'entraînement militaires
- Consulter l'historique des démarches réalisées

Un arrêté du 27 janvier 2017 met à jour la liste des **zones interdites** à la prise de vue aérienne par appareil photographique, cinématographique ou tout autre capteur.

Enfin, la loi du 24/10/2016 est relative au **renforcement de la sécurité de l'usage des drones civils**. Les décrets applicatifs sont partiellement publiés et à partir du 1^{er} janvier 2019 (12) plusieurs de ces points seront pénalisables.

La proposition de loi prévoit :

- Pour les drones de plus de 800 grammes : l'enregistrement par voie électronique, la formation des télé-pilotes, un signalement électronique et lumineux des drones, un dispositif de limitation de capacités, un système de signalement sonore, une obligation d'information de l'utilisateur à la charge des fabricants des drones.
- Pour les fabricants et importateurs de drones : la présence dans les emballages des produits et des pièces détachées, d'une notice d'information destinée aux pilotes.
- Une peine maximale de 6 mois, une amende maximale de 15 000 euros pour un survol par maladresse et négligence.
- Peine aggravée à 1 an et 45 000 euros d'euros en cas de survol d'une zone interdite avec possibilité de confisquer l'aéronef.

3. BILAN DES CONNAISSANCES ACTUELLES ET RETOURS D'EXPÉRIENCES

Les drones ont d'ores et déjà fait l'objet de plusieurs utilisations en médecine pré-hospitalière, notamment dans le cadre d'arrêts cardio-respiratoires, de noyade ou encore pour délivrer des médicaments, utilisations précisées ci-après. Nous partagerons également les retours d'expériences de médecins ayant déjà expérimenté cette technologie, notamment au sein du SAMU 31, et les projets d'utilisation futurs.

A. Arrêt cardiorespiratoire

L'arrêt cardiorespiratoire (ACR), extra-hospitalier (ACEH), représente un problème majeur de santé publique avec plus de 700 000 cas par an en Europe et 50 ACEH pour 100 000 habitants en France, dont 80 % sont d'origine cardiaque (13). Le taux de survie est de moins de 8%.

La défibrillation précoce grâce à un défibrillateur automatique externe (DAE), est un facteur prédictif majeur dans la chaîne de survie. Dans le but de diminuer le délai du premier choc réalisé, certaines études ont cherché à démontrer l'efficacité du drone équipé d'un DAE.

Ainsi, l'étude rétrospective parue dans *Scandinavian Journal of Trauma, resuscitation and emergency medicine* (14), montre que, de manière significative, le temps d'acheminement d'un DAE par drone est diminué dans le cadre d'ACEH urbain et rural comparativement au délai d'un service médical d'urgence. Pour se faire, cette étude s'intéresse à 7 923 ACEH entre 2006 et 2013 dans la région de Stockholm et calcule les délais de vol du drone à posteriori dans 20 localisations.

Reprise dans le *JAMA* en juin 2017 (15), cette étude montre que l'autonomisation des transports et la délivrance d'un DAE par drone permet de **réduire le temps de défibrillation**,

jusqu'à 16 minutes en milieu rural, ce qui est cliniquement significatif. Cependant, les limites de cette étude et de l'utilisation des drones sont la distance et les conditions météorologiques.

D'autres vols tests sont nécessaires, afin de développer cette technologie et les systèmes de géolocalisation pour autonomiser les vols.

Par ailleurs, des étudiants de Delft University of Technology (TU Delft), aux Pays Bas, ont également étudié la première « ambulance drone ». En effet, il s'agit d'un drone modélisé comme une boîte à outil, comprenant des instruments permettant la ressuscitation, l'équivalent d'un DAE. D'après cette étude, le drone, grâce à sa rapidité, diminue le temps de défibrillation de 1 à 10 minutes par rapport à l'organisation conventionnelle ce qui permet un gain de survie de 8 % à 80 %.

B. Noyade

La noyade est le processus d'altération de la fonction respiratoire résultant d'une submersion/immersion dans un liquide ; le sujet en sort soit indemne, soit avec une pathologie, soit il décède.

D'après les estimations de l'OMS (16), 360 000 personnes sont mortes par noyade dans le monde en 2015 ; il s'agit donc d'un problème de santé publique majeur à l'échelle mondiale. La noyade est la troisième cause de décès par traumatisme non intentionnel – soit 7% de l'ensemble des décès liés à des traumatismes (9% de la mortalité totale au niveau mondial). Aux Etats-Unis, la noyade sur le littoral représente des coûts directs et indirects de 273 millions de dollars par an. En Australie et au Canada, les coûts annuels totaux des noyades sont respectivement de 85,5 millions et 173 millions de dollars.

Afin de lutter contre ce problème majeur de santé publique, la prévention, l'enseignement des consignes de sécurité et les rudiments du sauvetage constituent entre autres des facteurs importants pour la réduction de la mortalité. Cependant, lorsqu'une noyade est en cours sur le littoral, le temps de sauvetage est un facteur prédictif essentiel en termes de mortalité.

Dans ce cadre, le drone présente un avantage certain en survolant et non en traversant les vagues. La réduction du temps du premier contact grâce à la bouée connectée et communicante est en effet significative.

Ainsi, l'étude Noyade Drone Atlantique (17) a pour objectif principal de comparer le délai de délivrance d'un moyen de flottabilité (une bouée) à une personne en train de se noyer entre un système de sauvetage classique et un système avec un drone. Cette mise à disposition représente le facteur majeur de réduction de la mortalité dans les noyades.

Dans l'étude réalisée sur les côtes Atlantiques, l'organisation habituelle des secours a été comparée à une organisation incluant la participation d'un drone (Helper Drone), susceptible de larguer une bouée au-dessus de la victime avec contrôle caméra du processus. Cette comparaison s'est faite par simulation d'une noyade par un maître-nageur (MNS) se plaçant à distance de la plage au sein de la barre des vagues.



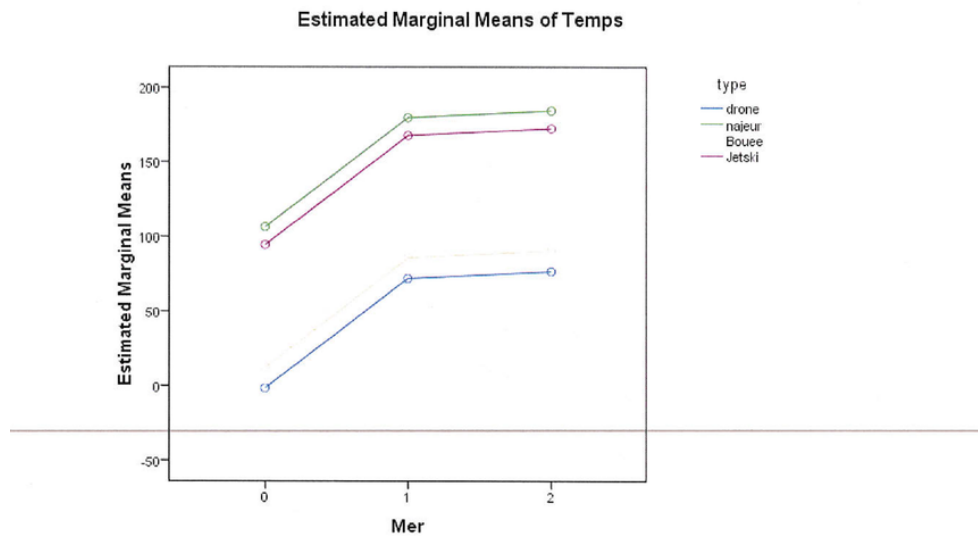
Photo : Helper Drone côte landaise

L'organisation habituelle des secours se compose, lors de l'alerte, d'un nageur de pointe qui se met à l'eau et nage vers la victime afin de lui donner une bouée et de la ramener sur la plage. Aussi, un jet ski est déclenché afin d'aider le nageur de pointe.

En parallèle, l'« organisation drone » est un drone piloté par un maître-nageur resté au sol et dirigé vers la victime. Lors de son positionnement au-dessus de la victime, le pilote décide ou non de larguer la bouée auto-gonflable située en dessous du drone pour la victime.

Afin de simuler l'activité habituelle, une trentaine de comparaisons ont été menées, et ce dans différentes conditions de mer. De manière statistique, quelles que soient les conditions de mer, le drone permet **une arrivée sur site et la délivrance d'un moyen de flottabilité plus rapide** que le couple nageur-jet-ski.

Graphique 1. Temps moyens entre gestion conventionnelle (nageur + jet ski) vs procédure drone.



Source : Etude noyade drone atlantique

L'intérêt du drone dans les noyades a été confirmé par une nouvelle étude sur le drone délivrant un moyen de flottaison, réalisée par l'équipe suédoise ayant étudié les drones dans l'ACR (18).

C. Livraison de médicaments

L'étude des drones transportant des médicaments (19) est une revue de ce qu'il se fait dans ce domaine et de la réglementation en résultant. L'utilisation du drone pour délivrer des médicaments ou du matériel médical afin d'améliorer le système de santé ne relève pas simplement du concept ou de la théorie, comme l'illustrent les différents exemples recensés dans cet article et listés ci-dessous.

En Allemagne, le drone est utilisé dans une île au nord du pays afin de délivrer des colis contenant des médicaments qu'il faut obtenir de manière urgente.

Au Rwanda, le gouvernement envoie du matériel médical via des drones (aéronefs à ailes fixes) dans des régions très difficilement accessibles. Les temps de transports ont été diminués de plusieurs jours à quelques heures, ce qui permet l'accès au sang ou à des médicaments d'urgence.

Au Malawi, les drones sont utilisés afin de transporter les tests sanguins effectués chez les nouveaux nés.

Aux Etats Unis, les bénéfices de l'utilisation des drones pour délivrer des médicaments en milieu rural ont été prouvés. Le drone doit être automatisé, allant d'une pharmacie jusque chez les patients, afin d'améliorer la performance de distribution. Cette activité des drones pourrait ainsi améliorer la délivrance des médicaments dans certains milieux ruraux et ainsi l'accessibilité au système de santé.

Toutefois, cette étude américaine souligne les contraintes liées à l'évolution plus rapide de la technologie des drones par rapport à la régulation associée.

L'application du drone en médecine semble prometteuse, en améliorant la qualité et l'accessibilité au système de soins ce qui est également démontré dans une étude (20) plus récente énumérant l'utilisation des drones en télémédecine.

D. Retours d'expériences de certaines utilisations faites actuellement en France et non publiées dans un article

Entretien qualitatif avec le Professeur Bounes - SAMU 31

Professeur Bounes - SAMU 31 : Chef de service du SAMU de Toulouse

La genèse de l'utilisation des drones en médecine pré-hospitalière provient de la réduction des risques sur les chantiers de l'avant. Ce dimensionnement de la médecine de l'avant, se retrouve par exemple dans des explosions comme pour l'usine AZF à Toulouse en septembre 2001.

Les drones utilisés par le SAMU 31 sont des Phantom 4 (DJI^R). Ils sont pilotés par 2 pilotes agréés et les vols sont soumis à une dérogation préfectorale pour la médecine de catastrophe. Les équipes du SAMU 31 ont testé l'utilisation et les apports des drones lors de plusieurs exercices de médecine de catastrophe.

Lors de ces différents tests, le drone a été utilisé avec les objectifs suivants :

- Dénombrer les victimes : automatiquement grâce à un logiciel en cours de développement avec une école d'ingénieurs de Toulouse
- Cartographier en 3 dimensions : aide au commandement, image en direct de la cellule de crise, streaming en temps réel, repérage manuel

D'après le Professeur Bounes et son équipe, le développement actuel des drones et les projets d'utilisations futures portent sur les drones en milieu clos (travail en lien avec les pompiers) et les DAE avec un maillage afin de couvrir les territoires essentiellement ruraux.

Entretien qualitatif avec le Docteur Miloche : SMUR 49 + Ecole du Val-de-Grâce

Docteur Miloche - SMUR 49 + Ecole du Val-de-Grâce :

Passionné de drone et fort de son expérience sur des terrains de guerre et au SMUR, le Docteur Miloche a testé à différentes reprises les drones.

Il a notamment effectué des tests de drone lors d'ACEL afin de comprendre le mécanisme de l'accident et parfois rechercher des victimes. Lors d'exercices de médecine de catastrophe comportant une vingtaine de victimes (plastrons) dispensés à l'école du Val-de-Grâce, le drone est utilisé à visée pédagogique en permettant d'aider au débriefing. D'après le Docteur Miloche, le drone en médecine a un avenir certain et va pouvoir également se développer en intérieur avec la miniaturisation des composants.

Ces différents articles et retours d'expériences prouvent l'efficacité et l'intérêt du drone dans les situations médicales décrites. L'utilisation peut donc logiquement être envisagée dans d'autres secteurs de médecine pré-hospitalière, comme nous allons le voir dans la partie suivante.

4. PERSPECTIVES D'UTILISATION DU DRÔNE EN MÉDECINE PRÉ-HOSPITALIÈRE

Divers évènements récents (attentats terroristes, catastrophes naturelles, accidents collectifs) font prendre conscience de la nécessité de considérer la prise en charge médicale des personnes (21) qui en sont victimes comme un problème de santé publique à part entière. C'est donc naturellement que nous nous sommes attachés à rechercher dans un premier temps, les bénéfices anticipés de la mise en place des drones lors d'évènements de ce type. Nous allons le voir lors des tests effectués avec un drone dans un exercice de médecine de catastrophe. Nous verrons ensuite les axes de travail que nous avons dégagés afin de développer l'utilisation du drone à visée médicale.

A. Exercice de médecine de catastrophe

La formation à la médecine de catastrophe représente un enjeu considérable pour toutes les catégories de professionnels de santé, quels que soient leur formation initiale et leur mode d'exercice. C'est dans ce cadre que s'inscrivent les exercices grandeur nature de médecine de catastrophe (22). Afin d'acquérir ou d'améliorer ses compétences pour faire face à des événements de catastrophe, un exercice majeur de simulation s'est tenu le 16 mai 2018 à Mantes-la-Jolie, impliquant 1500 personnes et reproduisant plusieurs scénarii d'attentats terroristes. Cet exercice nous a permis de tester le drone dans de telles situations et de prouver son intérêt, éléments que nous préciserons ci-après. En préambule, nous proposons de rappeler quelques clés de compréhension du terrorisme et de ses conséquences médicales.

i. Éléments d'épidémiologie des attentats terroristes et des blessures des victimes

Le terrorisme (23) est défini par les Nations Unies en 2004, comme un acte « perpétré pour causer la mort ou des blessures importantes d'individus civils ou non combattants avec l'intention d'intimider une population ou d'obliger un gouvernement ou une organisation internationale à faire ou à s'abstenir de tout acte ».

L'incidence est en très nette augmentation depuis le début des années 2000, pour atteindre au moins un acte terroriste par jour au minimum dans le monde aujourd'hui. Les différents modes opératoires peuvent être : fusillades, explosions, camions-bélier, combinaison de plusieurs attaques.

Les attentats commis dans les pays occidentaux, en particulier ceux responsables de destruction de masse et/ou d'un nombre élevé de victimes, ont des conséquences durables (plusieurs années) sur les plans politiques sécuritaires et sur les stratégies de prise en charge des victimes.

Selon le mode opératoire, on peut distinguer deux types de blessés : par balle et/ou par éclat (se rapprochant des blessés de guerre) et polytraumatisés (attaque par camion bélier) :

- Blessés par balle et/ou par éclat : localisation anatomique des lésions différentes de celles des blessés de guerre avec une proportion plus importante des lésions crâniennes, du thorax et de l'abdomen, responsable d'une mortalité plus élevée.
- Polytraumatisés : proportion plus importante de traumatismes fermés (crâne, thorax, abdomen, membres inférieurs).

L'analyse de l'épidémiologie des attentats terroristes et des blessures des victimes permet :

- L'anticipation : formation et entraînement des services de secours et médicaux
- La préparation : équipement des services de secours et médicaux, planification de leur déploiement et leur mise en œuvre, coordination avec les services de sécurité, établissement et mise en œuvre de plans de triage, d'évacuation et de répartitions des victimes.

ii. Intérêt du drone en médecine de catastrophe : exemple des attentats terroristes

Les victimes civiles blessées par balle et/ou par éclat ont des similitudes avec des blessés de guerre. Les techniques de prise en charge issues de l'expérience des services de santé militaires peuvent s'appliquer au profit de ce type de victimes civiles.

Lors des attentats de Paris de novembre 2015, les mêmes principes ont été appliqués : prise en charge sur le terrain de type *damage control ground zero*, permettant de lutter contre les lésions hémorragiques (garrot, administration de vasoconstricteurs, d'agent hémostatique (acide tranéxamique), lutte contre l'hypothermie, objectif de tension artérielle moyenne 60 mmHg), triage et évacuation rapide ; chirurgicalisation précoce.

Dans le cadre de ces points clés de la prise en charge des victimes lors d'attentats terroristes, le drone permet d'**aider au triage et à l'organisation de l'évacuation rapide des victimes** grâce à l'accès rapide à la troisième dimension. En effet, le drone, de par sa vision d'ensemble et de **témoin**, va pouvoir, dans le cadre de site ouvert, dénombrer les victimes, repérer les voies d'accès et aider à l'organisation des secours qui sont des éléments clés du triage et de l'évacuation rapide.

De plus, le drone peut avoir **un rôle d'acteur** et ainsi être un outil dans la lutte contre la mortalité des victimes. En effet, il peut transporter du matériel médical dans une trousse d'urgence disposée sous le drone, contenant par exemple des garrots, pansements compressifs hémostatiques, agents vasoconstricteurs et hémostatiques. Cette trousse est larguée au niveau des nids de victimes puis récupérée par les premières personnes aidant les victimes, puis par les secouristes.

Du fait de l'afflux massif de victimes, il peut y avoir rapidement un manque de matériel sur ces lieux. Par ailleurs, les nids de victimes sont parfois dans des zones isolées, voire d'exclusions (non sécurisées), et ne disposant pas de matériel de premiers soins. En s'affranchissant des barrières liées à l'environnement, le drone va pouvoir aider à ce point clé de la prise en charge.

iii. Organisation de l'exercice de catastrophe

Le 16 mai 2018, s'est tenu un exercice majeur de simulation de catastrophe à Mantes-la-Jolie. Cet exercice s'inscrivait dans le cadre de la formation des étudiants du Diplôme Inter-Universitaire de Médecine de Catastrophe organisée par le SAMU de Paris à l'hôpital Necker-Enfant Malades. Cet exercice grande nature comprenait plusieurs attaques terroristes, dénommées "chantiers" lors de l'exercice, et dont l'objectif était **d'acquérir des compétences médicales permettant de faire face efficacement à des attaques terroristes** (l'ensemble du territoire national est maintenu au niveau "*sécurité renforcée - risque attentat*") et à la gestion d'un ACEL (trains, transports routiers, feux, explosions).

Regroupant de multiples acteurs tels que les SAMU zonal et départemental, les étudiants de médecine de catastrophe, le GIGN, le RAID, la BRI, les CRS, le SDIS, ou encore des associations. Cet exercice a réuni plus de 1500 participants et était placé sous la direction du Professeur Pierre Carli, le Docteur Jean-Sébastien Marx et Monsieur Alain Kak (Salvacao). Le Professeur Benoît Vivien et le Docteur Nicolas Poirot ont notamment été des acteurs clés dans la préparation de cet exercice et sa coordination d'un point de vue médical.

A cet effet, un groupe spécial de travail constitué du Professeur Benoît Vivien, du Docteur Nicolas Poirot, du Docteur Fabien Farges, de Monsieur Alain Kak (Salvacao) et de moi-même s'est réuni pour définir et mettre en place **les modalités d'intégration d'un drone dans le cadre de cet exercice**.

Afin de comprendre les modalités de ce test, voici quelques éléments clés caractérisant ces exercices :

- Multimodal : fusil d'assaut, arme blanche, NRBC
- Multi-sites (ouverts et fermés, milieu aquatique)
- avec des victimes en nombre important.

Les différents chantiers définis étaient :

- 1^{er} Alpha : Tuerie de masse avec NRBC (Sarin + Anthrax)
- 2^{ème} Bravo : Tuerie voiture bélière
- 3^{ème} Charlie : Tuerie et prise d'otage dans une salle des fêtes
- 4^{ème} Delta : Tuerie sur bateau de croisière (péniche amarrée)



Photo légendée : J-S. Marx

iv. Test du drone lors de l'exercice de médecine de catastrophe

Dans le cadre de cet exercice, nous avons mis en place avec le Professeur Vivien, les Docteurs Nicolas Poirot et Fabien Farges (Helper Drone) et moi-même un test impliquant des drones dont les objectifs, les intervenants, les modalités et les résultats sont détaillés ci-dessous.

a) Objectifs

Objectif primaire : L'objectif premier était de tester sur un exercice de catastrophe de grande envergure (chantier Bravo et Charlie) l'intérêt du drone et d'en expérimenter les bénéfices.

Objectifs secondaires :

Nous avons cherché à évaluer essentiellement :

- La capacité et la rapidité de dénombrement des victimes avec le drone comparées à celles du Directeur des Secours Médicaux (DSM) au sol
- L'aide à la coordination des soins avec l'utilisation de la cartographie dynamique, le drone étant l'élément d'un réseau
- La possibilité et l'intérêt d'apport de trousse d'urgence

b) Intervenants

Au-delà des acteurs clés dans la préparation de cet exercice, et des réflexions associées, trois ingénieurs de l'entreprise Helper Drone (société ayant développé le drone pour le sauvetage en mer lors des noyades sur les Côtes Landaises) se sont rendus sur place. Ils ont ainsi fourni tout le matériel nécessaire au fonctionnement d'un drone ainsi que deux téléviseurs pour la retransmission d'images.

Le jour de l'exercice, les Professeurs Pierre Carli et Benoît Vivien, les Docteurs Lionel Lamhaut et Nicolas Poirot ont suivi de près les expérimentations aux côtés des ingénieurs.

c) Caractéristiques du drone



Photo drone Helper + trousse urgence lors de l'exercice de catastrophe

Drone professionnel (24) :

- Moteur avec hélice 18 pouces (anti sable, anti poussière, résistant à l'eau et à la pluie permettant de résister à des conditions météorologiques extrêmes)
- Système de largage permettant d'embarquer jusqu'à **2 kilos pour un volume égal à un A5 par 10 cm de haut.**
 - Le système est piloté et permet un largage précis par vision grâce à de la réalité augmentée.
- Batterie d'une capacité de 230 Watt permettant une **autonomie de 20 à 30 minutes (batteries x 4).**
- La télécommande fonctionne sur un réseau séparé des liaisons vidéo et permet de piloter le drone sur de **grandes distances.**
 - La transmission vidéo se fait aujourd'hui sur **2 à 5 km en champs libre.**
- Cartographie liée au Système d'Information Géographique Départemental (SIGD), ortho photographie, caméra thermique
- Vitesse 100 km/h, résistance au vent force 8 (échelle de Beaufort, vitesse du vent de 62 à 74 km/h)
- Les ondes émises et reçues sont : 433 Mhz, 868 Mhz et 2.4 Ghz

- La perturbation vidéo liée à des GSM en très grand nombre ou de nombreux réseaux wifi est possible.
- Le drone peut lui aussi perturber les réseaux environnants WiFi, mais est doté d'un système intelligent de détection et changement de canal automatique.
- GPS GLONASS et GALILEO : la précision est très bonne et le drone est peu sensible aux perturbations GPS
- Le drone auto-détecte le moindre dysfonctionnement et déclenche tout seul son parachute, dans les cas suivants :
 - Perte moteur
 - Retournement
 - Perte de contrôle
 - Arrachement de la batterie en vol
 - Incapacité à se mettre dans la position demandée (exemple : vent supérieur à 150 km/h)
 - Perte soudaine d'altitude non liée à un ordre de la machine.
 - Panne du contrôleur de vol lui-même

Pour tout autre panne non grave, le drone peut lancer une procédure de retour automatique, et sécuriser un posé en automatique. Pour cela, plusieurs points de replis stratégiques peuvent être indiqués.



Retour image lors de l'exercice : cartographie dynamique



Installation lors de l'exercice de médecine de catastrophe

d) Modalités et résultats

Scénario 1 : Crise Bravo

Sur ce premier scénario, nous avons étudié la rapidité du dénombrement de victimes.

Pour cela, deux dispositifs évoluaient en parallèle :

- i. Un observateur au sol notait tous les temps d'événements majeurs au sol en suivant le directeur des secours médicaux (DSM).
- ii. Parallèlement, nous notions à partir de l'arrivée du DSM sur les lieux et la mise en place du drone à ce moment précis, les temps d'acquisition d'images et l'exploitation que l'on pouvait en faire.

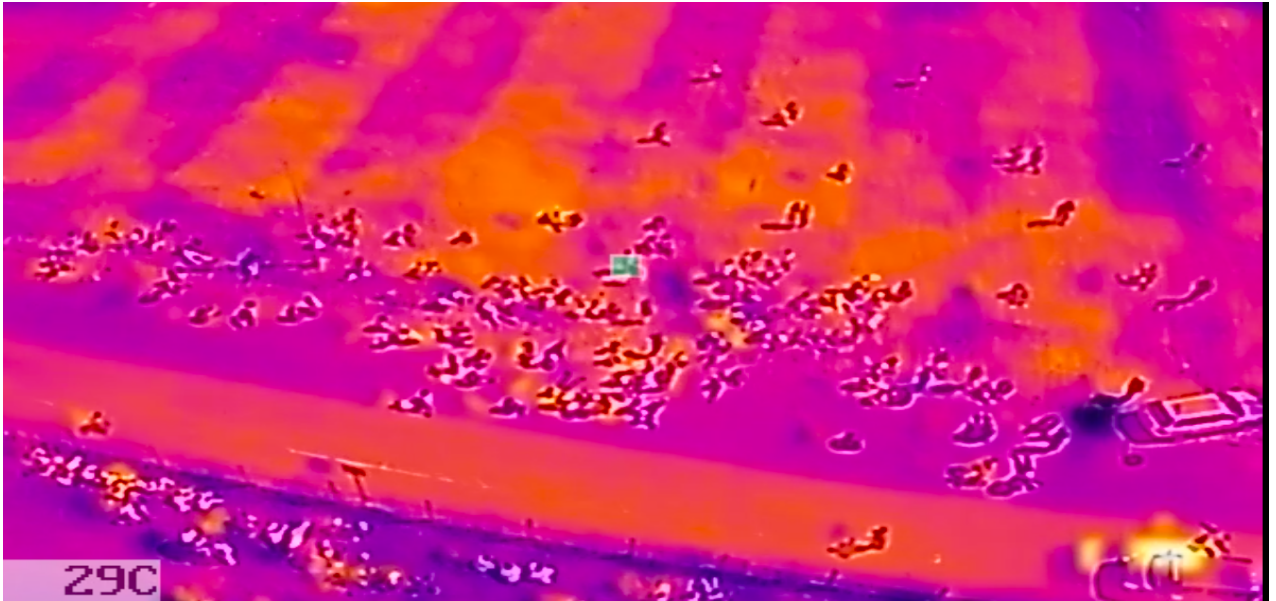


Photo caméra thermique : crise Bravo



Photo crise Bravo : visualisation des victimes



Photo caméra drone : victimes crise Bravo + militaires Vigipirate

Tableau comparant les informations retrouvées au sol par le Directeur des Secours Médicaux (DSM) par rapport à celles du drone en fonction du temps

Temps (minutes)	Évènements au sol	Drone
T 0	Premier attentat (voiture bélier)	
T 5. 30	Deuxième attentat	
T 8.30	Arrivée DSM	Installation drone
T 9	Premiers débriefs DSM + COP + Militaire	
T 11	Echange DSM, COS + COP	
T 12	Demande renfort par DSM (non connaissance du nombre de victimes)	Premier visuel attentat (victimes + accès)

T 12.30		Dénombrement de victimes (une quarantaine de victimes au sol)
T 15		Cartographie dynamique (photos + repères)
T 16	Ordre DSM 1 ^{ers} départs des victimes vers le lieu sécurisé	Nids de victimes identifiés
T 20	DSM Bilan téléphonique	Visuel vidéo SAMU Zonal
T 24	Bilan plus précis (34 UE, UA et UR + 36 impliqués)	

Ainsi, l'analyse de ces résultats indique une différence significative dans le temps de dénombrement des victimes, le drone permettant rapidement un **visuel après 3 minutes et 30 secondes puis un dénombrement des victimes (au bout de 4 minutes)**. Comparativement au DSM au sol pour lequel un bilan du nombre de victimes n'est donné qu'après 12 minutes.

Parallèlement, la cartographie avec la répartition des victimes et les accès aurait permis une prise en charge plus rapide des victimes avec une accélération de l'évacuation.



Visualisation de l'organisation des secours par le drone : crise Bravo



Visualisation de l'organisation des secours par le drone : crise Bravo

Scénario 2 : Crise Charlie

Au cours de ce second scénario, nous avons cette fois appliqué les **enjeux de cartographie**. Ainsi, la cartographie ci-après avec géolocalisation permet de rendre compte de l'intérêt de la vision d'ensemble avec l'accès au site qui est visualisé, les zones de points de regroupement des victimes (PRV) permettant de déterminer un dispositif prévisionnel de soin.



*Photo du drone visualisant un Point de Regroupement des Victimes devant le lieu de la crise
Charlie*

Par ailleurs, **le drone comme acteur** et non plus comme témoin a été testé avec la possibilité de largage de trousse de secours proche d'un PRV. Cette trousse d'urgence a ensuite été récupérée par un soignant d'une équipe sur place.



Drone larguant une trousse de secours lors de la crise Charlie

Dans ces 2 chantiers, nous avons expérimenté et confirmé l'intérêt du drone avec d'une part **la rapidité pour identifier les victimes par rapport au DSM au sol et l'aide à la cartographie** et d'autre part **l'apport de matériel grâce à une trousse d'urgence.**

e) Limites liées à l'exercice

Dans le cadre de cet exercice, les tests ont été réalisés en marge de l'exercice, et ainsi, le drone n'a pas été réellement le témoin et l'élément d'un réseau, ni le coordinateur des soins. En effet, le retour vidéo a été installé dans le SAMU zonal mais il n'a pas servi à coordonner les équipes sur place.

Par ailleurs, nous n'avons pas pu réaliser le test de deux équipes médicales sur une même crise, l'une avec un drone et l'autre sans drone.

f) Points de travail majeurs identifiés

Dans les suites de l'exercice de médecine de catastrophe, plusieurs entretiens avec les médecins impliqués dans les essais ont permis de dégager les points de travail ci-dessous : **l'ergonomie et le temps de déploiement du drone, les modes de son utilisation et les fonctions majeures à l'avenir en tant que témoin et acteur.**

- **L'ergonomie du drone** est un élément clé à adapter afin de déployer un outil rapidement. Le temps de déploiement du drone doit être optimisé afin d'obtenir un visuel rapide, avec un drone à la verticale des premières unités mobiles hospitalières (UMH) sur les lieux de la catastrophe. Le drone sera alors avant tout un vecteur pouvant s'adapter à différentes situations (médecine de catastrophe et plus largement médecine pré-hospitalière). Il permet grâce à son utilisation un gain de survie significatif.
- A l'avenir, il est nécessaire de réfléchir sur un **binôme, composé d'un pilote du drone et d'un contrôleur de la caméra**, disponible, pour un renvoi rapide des images dans le but d'aider à la coordination, avec à terme la formation des professionnels de santé pour son application et son utilisation. En fonction de l'avancée technologique, l'utilisation de plusieurs drones pilotés à distance (salle de régulation) pourra être envisagée.

- Le drone doit évoluer et être vu comme **support de plusieurs systèmes intégrés**. Parmi les 2 fonctions majeures du drone (témoin et acteur) décrites plus haut, on peut dire que :
 - Les données recueillies grâce à la vision des caméras des drones doivent pouvoir être intégrées dans un **Système d'Information Géographique** pour permettre une cartographie dynamique de l'événement. Celle-ci permet le dénombrement initial des victimes, le marquage et la géolocalisation des points remarquables (PRV, zones de danger, itinéraires d'accès...).
 - Les drones de transports, à terme automatisés et volant en fonction des trajets tracés pour les drones, peuvent dès à présent apporter des dispositifs à valeur ajoutée (produits sanguins, médicaments, dispositifs médicaux...) et pourront à terme servir au brancardage des victimes.

Ces 2 fonctions sont intégrables sur le même support grâce aux progrès de la miniaturisation et de l'intégration des systèmes.

B. Axes de travail

A la suite du bilan sur les connaissances actuelles et des tests effectués grandeur nature avec le drone, nous avons cherché à dégager des **axes de travail afin de pouvoir avancer dans l'utilisation future du drone en médecine pré-hospitalière**. Pour favoriser la démocratisation de l'usage des drones par les secouristes, les équipes SMUR et le SAMU, les réflexions portent sur le développement du « **risk assessment** » et la création d'un **groupe de travail placé sous l'égide de la SFMU**, décrits ci-dessous. Nous allons revenir dans un premier temps, sur les dernières avancées intéressantes dans **le marché du drone**.

i. Revue de quelques projets de développement en cours des drones

- Un **premier projet de drone cargo** (25) se développe en Afrique. Celui-ci consiste en un drone à ailes fixes de grande envergure permettant d'être polyvalent dans son utilisation, comme par exemple la distribution de courrier postal, l'acheminement

d'essence et de gaz ou encore à usage humanitaire. Des tests sont en cours actuellement à partir du Kenya.

- Un **drone militaire, dénommé Cormorant** (26), développé par l'armée israélienne, permet de prendre en charge deux blessés. En effet, cette ambulance militaire des airs permet de rapatrier des blessés sur de courtes distances, avec des trajets moyens de 10 à 15 minutes jusqu'à un centre médicalisé mobile. Le suivi médical, si le blessé est conscient, se fera à distance avec un médecin qui surveillera son état. De plus, l'armée israélienne travaille sur la possibilité d'utiliser des robots pouvant réaliser certains types d'interventions.

L'avantage de ce drone militaire est de pouvoir voler à basse altitude, d'être maniable et discret et ainsi performant dans les zones de conflits comparativement à un hélicoptère. Il pourrait être opérationnel d'ici 2021-2022.

Un article très récent montre les perspectives d'utilisation d'un UAV pour les évacuations médicales militaires dans les futurs conflits (27).

- Airbus et SOS International (28), sociétés respectivement référentes en sécurité aérienne et rapatriement sanitaire, ont signé un protocole d'accord, visant à développer un **système drone destiné au transport médical avec du matériel**. Celui-ci vise à réaliser un drone cargo médical fiable avec l'aide d'Airbus afin d'aider à la prise en charge des patients de SOS International.

ii. « Risk Assessment »

Afin de développer l'utilisation des drones en médecine pré-hospitalière, ceux-ci doivent disposer **d'une autorisation de vol, et pour ce faire, il est envisageable de déterminer un "risk assessment"**, défini ci-dessous. Comme vu précédemment, cette réglementation est dirigée par la DGAC.

En effet, hormis dans l'exercice de catastrophe où nous avons bénéficié d'une autorisation de vol du préfet à titre exceptionnel pour cette seule journée, il faut dans ces conditions de vol une validation de la DGAC. Dans ce but, il faut en fonction des scénarii de vol du drone en

calculer le **rapport bénéfice/risque**. Celui-ci est nommé *risk assessment* et se fait en lien avec l'ONERA (Office National d'Etudes et de Recherches Aérospatiales).

Ce risque est calculé en fonction de potentialités et non de statistiques étant donné que les données sont manquantes, et doit être pondéré par les moyens mis en place pour les éviter. A titre d'exemple, ce risque est fréquemment calculé par des ingénieurs d'Hygiène Sécurité Environnement.

A cette fin, la méthode d'Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leurs Criticités (AMDEC) est utilisée. La matrice de criticité AMDEC permet de calculer la criticité des défaillances selon les critères de fréquence et de gravité. Une fois ce risque calculé, il permet de valider de manière scientifique l'intérêt du drone dans telle ou telle situation. On peut ainsi réglementer par la suite son autorisation de vol auprès de la DGAC.

Ce travail primordial et majeur permettra de développer son utilisation de façon quasi quotidienne par les équipes du SAMU en médecine pré-hospitalière dans le cadre d'ACEL. Ainsi, ce nouvel outil (vecteur) pourra être étudié, testé (étude multicentrique) et à terme, si son bénéfice médical est prouvé, avoir un véritable impact dans le système de santé du futur.

iii. Groupe de travail sur les drones

Le fait que l'intérêt du drone soit soutenu par plusieurs médecins en France, en référence aux utilisations que nous avons décrites plus haut, ainsi que le travail autour des drones lors de l'exercice de catastrophe, ont permis de créer un groupe de réflexion autour des drones.

Ce groupe de travail va se créer sous l'égide de la SFMU et rassemble les Professeurs Pierre Michelet, Benoît Vivien et Vincent Bounes ainsi que le Docteur Nicolas Poirot.

Son objectif est de mettre en commun les différentes expériences françaises et d'en dessiner les axes de travail afin d'avancer dans l'utilisation future du drone en médecine pré-hospitalière.

CONCLUSION

L'histoire de la médecine montre que l'innovation technologique a souvent permis de faire progresser la prise en charge médicale. C'est ainsi que dans des logiques d'efficacité et de rapidité toujours plus présentes, l'essor des drones civils constitue un véritable potentiel au service de la médecine.

Le drone en médecine pré-hospitalière a déjà prouvé son intérêt médical dans plusieurs situations mettant en jeu le pronostic vital d'une personne comme la noyade ou l'arrêt cardiocirculatoire. Il permet un réel gain de survie en apportant des outils (défibrillateurs, bouées etc.) dans un temps record par l'accès à la troisième dimension, en s'affranchissant des obstacles au sol.

Dans d'autres situations, l'intérêt du drone à visée médicale est fortement anticipé mais encore non prouvé scientifiquement. Divers événements récents (attentats terroristes, catastrophes naturelles, accidents collectifs) font prendre conscience de la nécessité de considérer la prise en charge médicale des personnes qui en sont victimes comme un problème de santé publique à part entière. Ces situations de médecine de catastrophe comme étudiées lors de l'exercice de grande ampleur impliquant de multiples victimes, nous amènent à considérer la mise en place du drone comme un vecteur fondamental grâce à son aide pour cartographier, identifier les victimes, coordonner les soins ou encore apporter du matériel d'urgence.

Cet accès à la troisième dimension au travers des drones constitue un avenir certain, dans lequel la médecine pré-hospitalière doit développer son potentiel et son utilisation. La démocratisation de l'utilisation du drone doit passer par la preuve scientifique de son intérêt permettant ainsi des autorisations durables de vol et donc son déploiement quotidien. Le développement technologique des drones en parallèle des travaux à venir dans le domaine du "risk assessment" et le groupe de réflexion sur les drones à visée médicale créé sous l'égide de la SFMU, forment des bases de travail dans le but de développer l'usage futur des drones en médecine pré-hospitalière.

RÉFÉRENCES

- (1) J.Timbal. Le docteur Eugène Chassaing, père de l'évacuation sanitaire aérienne. Médecine des armées. 2010, 38, 2, 147-154
- (2) P. Lemaître, J. Venditti, A. Guérin. Les transports hélicoptés (hors pédiatriques). Urgences 2010
- (3) Histoire du drone - Fédération Professionnelle du drone civil
- (4) Lieutenant Vendelin Clicques (SDIS 91, Référent départemental drone), Pourquoi Investir dans un drone Sapeur-Pompier en 2017 ? Plateforme Gestion et Techniques Opérationnelles. 28 Septembre 2017
- (5) Techni-Drone (Formation et Prestations en drone)
- (6) Les drones.com
- (7) Drone : pourquoi le marché professionnel va exploser. Entreprendre.fr. Mai 2017
- (8) L'envol des drones professionnels. Le Figaro économie. Juillet 2018
- (9) Direction Générale de l'Aviation Civile, Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire (ecologie-solidaire.gouv.fr)
- (10) Note de Doctrine Générale relative à l'emploi d'aéronefs télépilotes à distance pour des missions de sécurité civile, Ministère de l'Intérieur
- (11) Réglementation - Fédération Professionnelle du drone civil

(12) Mariane Renaux, Colonel Jean-François Morel, Talk Vidéo, Drones Usages Actuels et Futurs, menaces et opportunités 22/02/2018

(13) Prise en charge de l'arrêt cardiaque : Réanimation 2008

(14) A. Claesson, D. Fredman, L. Svensson, M. Ringh, J. Hollenberg, P. Nordberg. Unmanned aerial vehicles (drones) in out-of-hospital-cardiac-arrest. Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine. 2016 October 12 ; 24 : 124.

(15) Andreas Claesson, Anders Bäckman, Mattias Ringh, Leif Svensson, Per Nordberg, Therese Djärv. Time to Delivery of an Automated External Defibrillator Using a Drone for Simulated Out-of-Hospital Cardiac Arrests vs Emergency Medical Services. JAMA. 2017 Jun 13 ; 317 (22) : 2332-2334

(16) Rapport Mondial sur la Noyade, Organisation Mondiale de la Santé (OMS), Janvier 2018

(17) Seguin C, Blaquièrre G, Loundou A. Unmanned aerial vehicles (drones) to prevent drowning. Resuscitation. 2018 Jun ; 127 : 63-67.

(18) Backman A, Hollenberg J, Svensson L. Drone for Provision of flotation support in simulated drowning. Air Med J. 2018 May- Jun 37(3) : 170- 173.

(19) Connie A. Lin, Karishma Shah, Cherie Mauntel, Sachin A. Shah. Drone delivery of medications : Review of the landscape and legal considerations. American Journal of Health-System Pharmacy. 2017 December 13 ; 170196.

(20) Bhatt K, Pourmand A, Sikka N. Targeted applications of Unmanned Aerial Vehicles (Drones) in telemedicine. Telemed J E Health. 2018 Feb 28

(21) G.Barrier, F. Rouillon. Accidents collectifs, attentats, catastrophes naturelles : Conduite à tenir pour les professionnels de santé. Guide ministère de la Santé, de la famille et des personnes handicapées. Octobre 2003

(22) V. Bounes, F. Mengelle, JL Ducassé. Rôle des exercices de Médecine de Catastrophe dans les formations des médecins et soignants de l'urgence. Urgences, 2009.

(23) Dr Pierre Pasquier, Pr Stéphane Mérat, Pr Marie-Dominique Colas, Pr Pierre Carli. Le blessé par attentat terroriste. Arnette Septembre 2017

(24) Caractéristiques techniques du drone Helper

(25) Astral aviation brings amazon style drone deliveries to Africa. Farnborough international. The aviation industry hub

(26) Ce drone israélien récupère les blessés au cœur de la guerre. Paris Match 10/07/2018

(27) Handford C, Reeves F, Parker P. Prospective use of unmanned aerial vehicle for military medical evacuation in future conflicts. J R Army Med Corps. 2018 : Aug ; 164 (4) 293 – 296

(28) Airbus and international SOS sign mou on drone cargo delivery system. Jul 18 2018

ABRÉVIATIONS

ACEH : Arrêt Cardio Respiratoire Extra-Hospitalier

ACEL : Accidents Catastrophiques à Effets Limités

ACR : Arrêt Cardio Respiratoire

AIP : Information aéronautique

AMDEC : Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leurs Criticités

BRI : Brigade de Recherche et d'Intervention

DAE : Défibrillateur Automatique Extérieur

DGAC : Direction Générale de l'Aviation Civile

DSA : Direction des Secours Médicaux

EVASAN : Evacuation Sanitaire

FPV : First Person View

GIGN : Groupe d'Intervention de la Gendarmerie Nationale

GPS : Global Positioning System

MP : Méga Pixel

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

ONERA : Office National d'Etudes et de Recherche Aérospatiales

PRV : Points de Regroupement des Victimes

RAID : Brigade d'intervention d'élite française

RTH : Return to Home

SAMU : Service Aide Médicale d'Urgence

SDIS : Service Départemental d'Incendie et de Secours

SFMU : Société Française de Médecine d'Urgence

SMUR : Service Médical d'Urgence Réanimation

UAV : Unmanned Aerial Vehicule

UMH : Unité Mobile Hospitalier

WIFI : Wireless Fidelity

SERMENT D'HIPPOCRATE

Au moment d'être admis(e) à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité.

Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux.

Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité.

J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences.

Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences.

Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admis(e) dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés. Reçu(e) à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs.

Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité.

Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonoré(e) et méprisé(e) si j'y manque.

RÉSUMÉ

L'accès à la troisième dimension à visée médicale se développe avec les premières évacuations sanitaires aériennes sur des avions militaires puis par hélicoptères. En parallèle, une autre technologie se développe, les drones, que l'on voit émerger dans le cadre de prises en charge médicales, dont certaines ont fait l'objet de publications. Bien que cette innovation technologique récente reste peu définie et peu connue, son avenir au service de la médecine se précise. Dans cette thèse, nous proposons d'étudier les usages actuels et futurs des drones en médecine pré-hospitalière. Les drones civils présentent des caractéristiques spécifiques, de performances variables, essentiellement selon le coût et étant soumis à une réglementation stricte. Parmi les applications possibles, le gain de survie grâce à la réduction du temps d'accès à la défibrillation dans l'arrêt cardio-circulatoire et à un moyen de flottabilité dans la noyade a déjà été établi. Au vu des événements récents (attentats...), la médecine de catastrophe représente un nouvel enjeu considérable. Ainsi, les tests effectués lors d'un exercice de grande ampleur en mai 2018 confirment le rôle essentiel du drone en aidant à la cartographie, au dénombrement des victimes, à la coordination des soins ou encore à l'apport de matériel médical. Afin de favoriser la démocratisation de l'usage des drones au niveau médical, les travaux portent sur le "risk assessment" dont le but est de disposer d'autorisations de vol durables, et la création d'un groupe de réflexion placé sous l'égide de la SFMU, permettant la mise en commun d'expériences françaises et la précision d'axes de travail. L'histoire de la médecine montre que l'innovation technologique a permis de faire progresser la prise en charge. C'est ainsi qu'en dépit des différentes contraintes d'actualité, le drone en médecine apparaît comme un vecteur d'avenir, d'amélioration de la qualité et de l'accessibilité au système de santé.

MOTS CLÉS

Drone / Innovation technologique / Médecine pré-hospitalière / Médecine de catastrophe / Urgence vitale.