

Direction
de la sécurité
de l'Aviation civile

Direction
Personnels
Navigants

Edition 1
Révision 0

06/08/2018

AUTOMATISMES ET GESTION DU PILOTAGE DES HELICOPTERES



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE
ET SOLIDAIRE

Ministère de la Transition écologique et solidaire


dgac

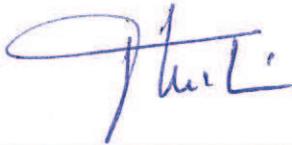
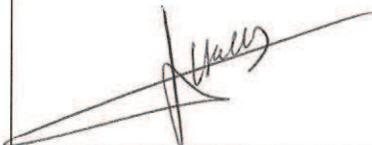
AUTOMATISMES ET GESTION DU PILOTAGE DES HELICOPTERES

Guide et bonnes pratiques

Liste des modifications

Edition et version	Date	Modifications
Ed1 Version 0	06/08/2018	Création

Approbation du document

	Rédaction	Vérification	Approbation
Nom	Jacques THISSELIN 	Bruno HALLER 	Gilbert GUICHENEY 
Fonction	Chef de programme DSAC/PN/FOR	Chef de pôle DSAC/PN/FOR	Directeur Personnels navigants DSAC/PN
Date	06/08/2018	06/08/2018	06/08/2018

Pour toutes propositions ou observations :
jacques.thisselin@aviation-civile.gouv.fr

SOMMAIRE

PREAMBULE.....	4
1. NIVEAUX D’AUTOMATISATION.....	5
1.1 AUCUN AUTOMATISME.....	5
1.2 SAS.....	5
1.3 PA 3 AXES.....	5
1.4 MODES SUPERIEURS DES PA 3 AXES.....	7
1.5 MODES SUPERIEURS DES PA 4 AXES.....	8
2. CHOIX DU NIVEAU D’AUTOMATISATION.....	10
3. PILOTAGE EN TRANSPARENCE.....	10
4. PILOTAGE EN MODE MIXTE.....	10
5. COMPRENDRE LES AUTOMATISMES.....	11
5.1 INTERFACE PILOTE-SYSTEME.....	11
5.2 FACTEURS HUMAINS ET OPERATIONNELS.....	12
6. PRINCIPES GENERAUX D’UTILISATION DES AUTOMATISMES.....	13
6.1 PILOTER, NAVIGUER, COMMUNIQUER, GERER.....	13
6.2 UNE SEULE TETE.....	14
6.3 REPENDRE LE CONTRÔLE.....	15
6.4 UTILISATION DU NIVEAU APPROPRIE D’AUTOMATISME.....	15
7. CARACTERISTIQUES DES MODES AFCS MAJEURS.....	17
7.1 UTILISATION DU FMS.....	17
7.2 LES MODES LATERAUX.....	17
7.3 LES MODES VERTICAUX ET LONGITUDINAUX.....	18
8. PHASES DE VOL ET SELECTIONS.....	23
GLOSSAIRE.....	25

 <p>DIRECTION DE LA SÉCURITÉ DE L'AVIATION CIVILE</p>	<p>AUTOMATISMES ET GESTION DU PILOTAGE DES HELICOPTERES</p>	<p>Page 4 sur 27</p>	<p>Edition 1 Révision 0 du 06/08/2018</p>
--	---	--------------------------	---

PREAMBULE

L'évolution des automatismes visant à diminuer la charge de travail des équipages d'hélicoptères était jusqu'à aujourd'hui essentiellement tournée vers des dispositifs d'augmentation de la stabilité dynamique des machines.

Les technologies numériques ont permis des évolutions très rapides en la matière, en particulier ces vingt dernières années. Ainsi ces dispositifs originels ont-ils muté vers les pilotes automatiques dits 3 axes (tangage, roulis, lacet), puis dotés de modes supérieurs (cap, niveau, approche, navigation) jusqu'aux pilotes automatiques 4 axes (contrôle de la puissance nécessaire au vol) et leurs systèmes de management du vol (programmation et suivi du vol).

Force est de constater qu'à ce jour, les procédures d'exploitation et les programmes de formation des équipages et des instructeurs à l'utilisation de ces nouvelles technologies n'ont pas suivi le rythme soutenu de l'évolution des technologies, ce qui n'est pas sans conséquence sur la sécurité des vols.

L'apprentissage de l'utilisation des automatismes doit aujourd'hui faire partie intégrante de tous les programmes dans les organismes de formation.

Les procédures d'exploitation des compagnies aériennes doivent également décrire précisément les procédures visant à l'utilisation sûre des automatismes de pilotage.

Ainsi, ce guide a-t-il pour objectif d'orienter les exploitants d'hélicoptères, tant au sein des ATO que des compagnies aériennes, vers les bonnes pratiques de pilotage, idéalement traduites au travers de leurs procédures, tout comme les aider pour l'appropriation et la gestion des automatismes en termes de facteurs humains. Il a également vocation à améliorer la qualité des formations aux qualifications de types, à l'IFR, et à standardiser les instructeurs. Cet ensemble vise donc à l'augmentation de la sécurité des vols.

L'utilisation méthodique et réfléchie des automatismes contribue à l'augmentation de la sécurité des vols par la diminution de l'imprécision et des risques d'erreurs dans l'exécution des tâches de pilotage.

Pour autant, les automatismes ont malgré tout leurs limites. Dans le cas de systèmes complexes et hautement automatisés les équipages tendent à pêcher par excès de confiance et la densité des informations présentées peut conduire à la disqualification du pilote dans certaines phases de vol par un manque de discernement dans la priorisation de ses actions de contrôle, programmation et/ou de pilotage. De nombreux incidents ou accidents en témoignent.

Remarques :

Ce document guide est orienté vers une exploitation multipilote des hélicoptères. Pour autant les principes et méthodes exposés sont totalement utilisables pour une exploitation monopilote.

Les vocables et abréviations techniques utilisés relèvent essentiellement de l'environnement « AIRBUS », ils sont toutefois tous transposables dans l'esprit sur d'autres machines.

Les AFM restent les seules références.

1. NIVEAUX D'AUTOMATISATION

Il est globalement difficile de définir quel est le meilleur niveau d'automatisation à adopter car celui-ci est directement dépendant de facteurs variables comme les conditions météorologiques, l'environnement de mission, la charge de travail du pilote ou de l'équipage, son niveau d'entraînement.

Le niveau d'automatisation choisi par l'équipage est en général celui dicté par l'un des facteurs ci-dessus devenu prioritaire.

Historiquement, les niveaux d'automatisation et leurs utilisations peuvent être déclinés comme suit.

1.1 Aucune automatisation

La plupart des hélicoptères légers ne dispose pas de système automatique de pilotage bien que cette option soit disponible pour nombre d'entre eux. Ces hélicoptères sont essentiellement utilisés à titre privé, en école de base ou pour le travail aérien.

Sans automatisation des tâches de pilotage, le pilote ne peut lâcher les commandes de vol durablement, voire ponctuellement. Les sensations réelles de pilotage sont ainsi accrues de par la liaison directe, ou via des servocommandes hydrauliques, du manche cyclique et du levier de pas général vers le rotor principal et des palonniers vers le rotor anti-couple. Cette sensation de prise directe sur les rotors est très appréciée en travail aérien de précision (cargo-sling, treuil).

Il est clair que la charge de travail devient très importante dans le cas d'une exploitation monopilote sans aucun automatisme si l'on ajoute au pilotage la lecture des cartes et le calcul des performances.

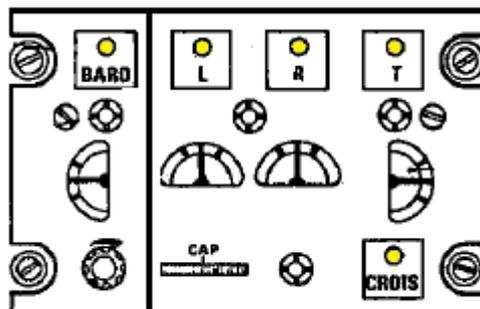
1.2 Système d'augmentation de la stabilité (SAS)

Les systèmes d'augmentation de la stabilité (SAS) amortissent à court terme les perturbations d'attitude du vol. Comme tous les dispositifs d'atténuation, ils imposent de garder les mains proches des commandes. Ces systèmes de conservation d'attitude renvoient l'hélicoptère à une attitude sélectionnée avant une perturbation.

Le plus simple de ces systèmes est un système de compensateur d'efforts, qui utilise un frein magnétique et une série de ressorts pour maintenir le contrôle cyclique dans la dernière position choisie. Des systèmes plus avancés utilisent les servocommandes électriques qui agissent réellement sur les commandes de vol. Ces servocommandes reçoivent les ordres de contrôle d'un calculateur relié à des senseurs d'attitude.

Cependant, ce niveau d'aide au pilotage exige toujours des corrections fréquentes du pilote. Sans surprise, dès les années 1960 sont apparus des systèmes de pilotage automatique plus évolués

1.3 Les pilotes automatiques basiques (3 axes)



1.3.1 Généralités

Les dispositifs de pilotage automatique dits 3 axes comprennent 3 chaînes agissant séparément sur la commande de vol correspondante :

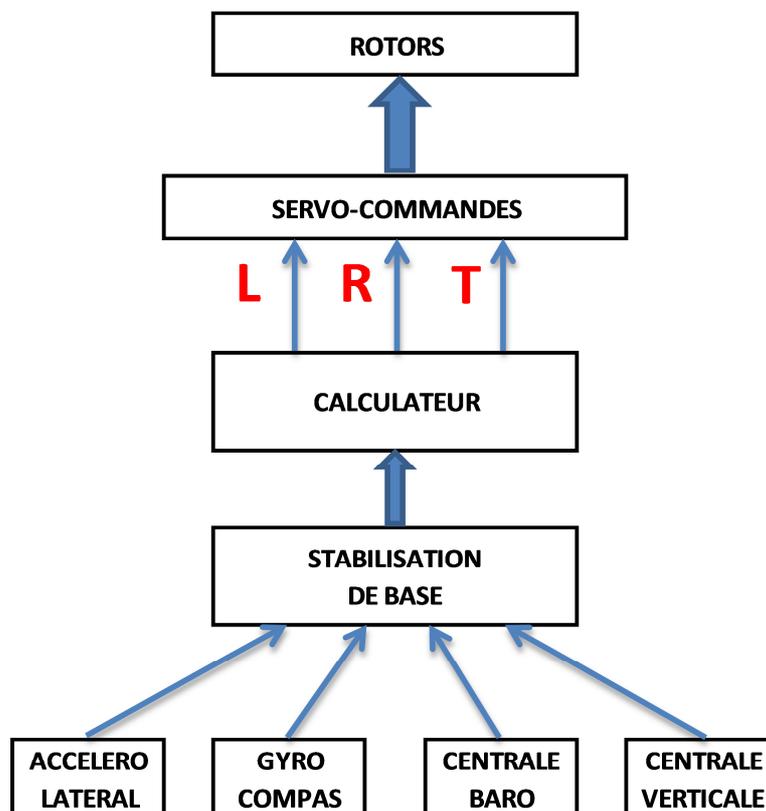
- Chaîne de tangage : Pas cyclique longitudinal ;
- Chaîne de roulis : Pas cyclique latéral ;
- Chaîne de lacet : Pas rotor anticouple.

Ces chaînes sont totalement indépendantes et peuvent être embrayées individuellement. En règle générale, ceci évite qu'un défaut de fonctionnement d'une chaîne interdise l'utilisation des autres. Les pilotes automatiques 3 axes autorisent le pilotage « Hand off » ce qui allège d'autant la charge de travail du pilote.

1.3.2 Fonctions

La stabilisation de base est assurée à partir des informations émanant des équipements de navigation de l'hélicoptère et des équipements propres au pilote automatique, en ce qui concerne :

- La stabilisation autour des axes de tangage et de roulis réalisée à partir des informations d'assiette fournies par une centrale de verticale ;
- La stabilisation en cap à partir des informations provenant d'un compas gyromagnétique ;
- La stabilisation en altitude par l'intermédiaire de la chaîne de tangage réalisée à partir des informations d'écarts d'altitude provenant de la centrale barométrique



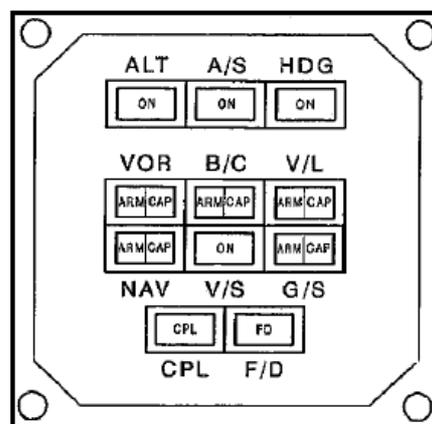
Par ailleurs, ce mode de fonctionnement autorise :

- Les manœuvres en transparence autour des axes de tangage et de roulis, sans perte de référence ;
- Les manœuvres en transparence au manche cyclique avec débrayage des efforts et modification de référence ;
- Le pilotage en transparence en lacet par action sur les palonniers ;
- Les virages coordonnés en croisière par action unique sur le manche cyclique en roulis ;
- Les modifications lentes de référence autour des axes de tangage et de roulis à l'aide d'une commande de type « Beep Trim » située sur le manche cyclique.
- Les manœuvres en transparence au manche cyclique sur les axes de tangage ou de roulis, avec modification de référence sur la chaîne correspondante (Beep Trim + Manche).

1.4 Les modes supérieurs des pilotes automatiques 3 axes

1.4.1 Généralités

Les installations permettant l'utilisation de modes supérieurs associés aux systèmes de pilotage automatique dits 3 axes comprennent le pilotage automatique 3 axes tel que décrit précédemment et un boîtier de couplage qui autorise la tenue des modes dits supérieurs et le suivi des axes radioélectriques.



1.4.2 Fonctions

Le coupleur est également dénommé coupleur 3 axes.

Il permet :

- sur l'axe de tangage :
 - la tenue d'altitudeALT **ou,**
 - la tenue de vitesse longitudinale.....A/S **ou,**
 - la tenue de vitesse verticale.....V/S **ou,**
 - la remise de gazGA **ou,**
 - l'interception et la tenue d'un faisceau GLIDE.....G/S

- sur les axes roulis et lacet :
 - la tenue d'un cap affiché HDG **ou,**
 - l'interception et la tenue d'un radial VOR VOR **ou,**
 - l'interception et la tenue d'un faisceau LLZ V/L **ou,**
 - l'interception et le suivi d'une route NAV **ou,**
 - l'interception et la tenue d'un faisceau inverse LLZ B/C

Le calculateur assure le passage automatique d'une phase de vol à l'autre

On peut distinguer deux catégories de modes supérieurs :

- Couplages à des capteurs embarqués : ALT - A/S – V/S – G/A – HDG ;
- Couplages radioélectriques : LOC – G/S – VOR – NAV – B/C

L'utilisation et les performances du coupleur des modes supérieurs du pilote automatique 3 axes doivent être surveillés en permanence et le choix des modes sélectionnés mûrement réfléchi.

EXEMPLES :

- en V/S
 - la vitesse résultante sera fonction de la puissance affichée par le pilote ;
 - en descente sans réduction de puissance il y a risque de dépassement de la VNE ;
 - les affichages des références V/S doivent être progressifs afin d'éviter les dépassements de valeur désirée.

1.5 Les modes supérieurs des pilotes automatiques 4 axes

1.5.1 Généralités

Les installations permettant l'utilisation de modes supérieurs associés aux systèmes de pilotage automatique dits 4 axes comprennent un pilotage automatique et un boîtier de couplage qui autorise la tenue des modes dits supérieurs et le suivi des axes radioélectriques.



Le pilote automatique dit 4 axes offre un mode de stabilisation de base sur les axes de tangage, de roulis, de lacet et collectif.

Les modes de pilotage transparent restent disponibles.

1.5.2 Fonctions

Le pilotage des axes de roulis et de lacet se fait essentiellement par action sur la commande de roulis et permet d'assurer les fonctions suivantes :

- sur l'axe de roulis :
 - l'affichage et la tenue d'un cap affiché.....HDG **ou,**
 - l'interception et la tenue d'un radial VOR.....VOR **ou,**
 - l'interception et la tenue d'un faisceau LLZ.....V/L **ou,**
 - l'interception et le suivi d'une route.....ANAV **ou,**
 - l'interception et la tenue d'un faisceau inverse.....LLZ - B/C

- sur l'axe de tangage :
 - la tenue d'altitude.....ALT **ou,**
 - l'acquisition d'altitude.....ALT.A **ou,**
 - l'affichage et la tenue de vitesse longitudinale.....A/S **ou,**
 - l'affichage et la tenue de vitesse verticale.....V/S **ou,**
 - la remise de gaz.....GA **ou,**
 - l'interception et la tenue d'un faisceau GLIDE.....G/S

- sur l'axe collectif avec pilotage de la vitesse par l'axe de tangage :
 - la tenue d'altitude.....ALT **ou,**
 - l'affichage et la tenue de vitesse verticale.....V/S **ou,**
 - l'interception et la tenue d'un faisceau GLIDE.....G/S

Des fonctions supplémentaires telles que :

- capture et Maintien de la hauteur radioaltimétrique.....CR.HT (+FLY-UP) ;
- maintien de la vitesse sol.....GSPD,

peuvent être disponibles.

 <p>DIRECTION DE LA SÉCURITÉ DE L'AVIATION CIVILE</p>	AUTOMATISMES ET GESTION DU PILOTAGE DES HELICOPTERES	Page 10 sur 27	Edition 1 Révision 0 du 06/08/2018
--	---	--------------------------	--

2. CHOIX DU NIVEAU D'AUTOMATISATION

Le niveau approprié d'automatisation est celui le mieux adapté à la tâche en fonction des conditions du moment. Si un équipage décide de ne pas utiliser les automatismes, il réduit significativement la sécurité de son vol.

L'engagement ou le désengagement de modes supérieurs du pilote automatique peuvent arriver automatiquement, sans intervention de l'équipage. Les engagements automatiques programmés dans les pilotes automatiques, comme la mise en palier à basse hauteur au cours de la phase de courte finale d'une approche, fournissent aux pilotes une protection accrue. Ces fonctions avancées soulagent le pilote et lui permettent une meilleure concentration pour les phases de vol à forte charge de travail, ceci sous réserve des parfaites connaissances et maîtrises des systèmes automatiques et de leur gestion.

En situation dégradée, il convient de ne pas immédiatement revenir au pilotage manuel. Il convient de revenir tout d'abord aux modes supérieurs plus directs (HDG, G/A, etc.).

Il appartient aux opérateurs de définir pour chaque phase du vol et à quel instant, quel niveau et quel type d'automatisme adopter.

3. PILOTAGE EN TRANSPARENCE

Pour conforter la trajectoire de vol désirée, voire afin le cas échéant d'interrompre les indications des labels ambres d'avertissement d'écart excessif, le pilotage par transparence à l'aide des commandes de vol est une situation dans laquelle le pilote outrepassé les modes supérieurs ou non du pilote automatique, sans les déclencher ni en changer les références. Deux secondes après cette action de pilotage par transparence, l'hélicoptère revient aux références d'attitude initiales et à une trajectoire de vol stabilisée.

Le pilotage par transparence ne doit pas être considéré comme une aide au pilotage automatique. Quand une telle action est exécutée, il doit s'agir d'une priorité de sécurité comme par exemple l'évitement d'un trafic ou d'un obstacle.

4. PILOTAGE EN MODE MIXTE

Le pilotage en mode mixte est un pilotage pendant lequel au moins un axe est piloté manuellement en transparence pendant une longue durée.

Ce type d'utilisation est à proscrire compte tenu des risques d'interaction existant avec les modes automatiques engagés sur les autres axes.

5. COMPRENDRE LES AUTOMATISMES

Parfaitement comprendre les automatismes de vol, et en particulier les FMS et les pilotes automatiques, revient à savoir répondre aux questions fondamentales ci-dessous :

- comment est conçu le système ?
- pourquoi le système est-il conçu de cette façon (priorités de sauvegarde, d'engagement, etc.) ?
- comment fonctionne l'interface pilote ?
- comment le système est-il utilisé en procédures normales mais également anormales et d'urgence ?
- quelles sont les sauvegardes automatiques disponibles et quand peuvent-elles être dégradées ?

Pour une utilisation optimum des automatismes, les points suivants doivent être **parfaitement maîtrisés** :

- affichage des modes AFCS sur les FND/NAVD (appariement des modes) ;
- transition entre les modes et retour ;
- connaissance des interfaces pilote- système pour :
 - communication pilote-système (sélection, armement, engagement) ;
 - communication retour système-pilote (statuts des sélections et engagements).

5.1 Interface pilote-système

Pour **chacune** de ses actions au niveau du FMS ou du panneau de contrôle de l'AFCS visant une réaction de l'AFCS, le pilote doit savoir préalablement ce que va être le comportement de l'hélicoptère.

Pour cela il doit toujours avoir en tête :

- ce qu'est à l'instant (t) le comportement de l'hélicoptère ;
- ce que sera le comportement de l'hélicoptère à (t+1).

Ceci sous-entend également répondre aux questions suivantes :

- quels modes sont engagés et quels objectifs sont sélectionnés afin de suivre la trajectoire actuelle;
- l'hélicoptère est-il sur la trajectoire (latérale et verticale) souhaitée ;
- quels modes doivent être armés et quels objectifs doivent être présélectionnés afin de suivre la future trajectoire souhaitée ?

Dans cette optique, doivent être parfaitement connus, compris et maîtrisés :

- le panneau de contrôle de l'AFCS (boutons de sélection, fenêtres d'affichage) ;
- le panneau de contrôle du FMS et l'ensemble de ses menus ;
- les affichages FMA sur les PFD ;
- les PFD et NAVD en termes d'affichages et d'échelles.

5.2 Facteurs humains et opérationnels affectant une utilisation optimum des automatismes

Les facteurs humains et opérationnels ci-dessous ont souvent été mis en évidence dans les cas d'incidents ou accidents pour lesquels une mauvaise utilisation des automatismes de vol a été causale :

- confiance excessive au système ;
- manque d'interaction avec le système, passivité ;
- armement et engagement par inadvertance d'un mode supérieur inadéquat ;
- non détection d'un réel armement ou engagement ;
- sélection d'une mauvaise valeur d'engagement ;
- insertion erronée d'un point tournant dans le FMS ;
- engagement d'un mode latéral de navigation sur un point erroné de navigation ;
- concentration sur le FMS en phase critique de vol ;
- confusion dans les modes sélectionnés et leurs interactions ;
- pilotage par transparence inopportun ;
- mauvaise répartition des tâches ;
- tentative d'engagement des modes avec un hélicoptère ayant une attitude hors trim ;
- désélection par inadvertance d'un mode approche (par double sélection) ;
- sélection d'une CRS erronée en approche finale.

UNE ATTENTION TOUTE PARTICULIERE DOIT ETRE OBSERVEE LORS DU PASSAGE D'UN PILOTE OU
D'UN EQUIPAGE D'UNE MACHINE EQUIPEE D'UN AFCS 4 AXES VERS UN AFCS 3 AXES,
EN PARTICULIER EN APPROCHE FINALE



Le circuit visuel est une stratégie qui permet de répondre à l'utilisation optimale des informations fournies au pilote. Les générations de machines aujourd'hui disponibles avec des logiques de prise d'information très différentes pouvant amener un acteur à passer :

- sur des ergonomies anciennes d'un dispositif monochrome ergonomiquement adapté à un circuit visuel en « T »
- puis voler sur une machine à écrans larges (glass cockpit) multicolores et adaptés à une collecte d'information ou lecture dite « centrale ».

Une « gymnastique visuelle » est nécessaire lors du passage d'une technologie à l'autre afin d'acquérir de manière réflexe la bonne prise d'information sur la bonne visualisation.

6. PRINCIPES GENERAUX D'UTILISATION DES AUTOMATISMES

Les hélicoptères fortement automatisés peuvent malgré tout être pilotés manuellement. En tout début de formation et sur simulateur, les pilotes ne devront utiliser que les fonctions basiques de l'AFCS, sans utilisation des modes supérieurs.

L'utilisation en mode normal et dégradé du FMS et des modes supérieurs doit être introduite très progressivement, avec la certitude de l'assimilation des procédures.

Cette pratique pédagogique doit permettre au pilote de comprendre qu'à tout moment du vol, c'est lui qui garde l'autorité sur le système et non l'inverse.

6.1 Piloter, Naviguer, Communiquer, Gérer - DANS CET ORDRE !

Le partage des tâches doit toujours être adapté à la situation dominante :

- vol en manuel ou avec modes supérieurs engagés ;
- application d'une procédure normale, ou anormale ou d'urgence ;
- etc.

Ces tâches devront toujours être accomplies en respectant les priorités suivantes :

→ PILOTER

Le pilote en fonction (PF) doit être concentré sur le pilotage de l'hélicoptère (contrôle de l'assiette, du roulis, de la vitesse, de la puissance, du cap etc.) afin de capturer et de maintenir les objectifs de trajectoires sur les plans de vol horizontaux et verticaux.

Le PM (Pilot Monitoring) doit assister le PF en vérifiant les paramètres de pilotage et de trajectoire et en signalant toutes déviations excessives.

→ NAVIGUER

C'est sélectionner, via le FMS ou le boîtier de contrôle de l'AFCS, les modes de navigation horizontale et verticale appropriés et être toujours parfaitement conscient de la MSA.

En d'autres termes, naviguer pourrait se résumer à :

- savoir où l'on est ;
- savoir où l'on devrait être ;
- savoir si la trajectoire sélectionnée et engagée est bien la bonne ;
- savoir où sont les obstacles significatifs environnants.

→ COMMUNIQUER

Les opérateurs ont la charge de développer leurs SOPs et de définir les modalités de communication dans l'équipage, avec les services de la circulation aérienne, que ce soit en situation normales, anormales ou d'urgence.

Les briefings en vol doivent inclure le mode d'utilisation des automatismes.

L'utilisation d'annonces standards (pour les armements, captures, changements FMA, valeurs d'entrée FMS ou de sélection etc.) est fondamentale dans l'utilisation des automatismes.

Ces annonces doivent déclencher immédiatement cette question en termes de conduite du vol :

Qu'est-ce que je veux faire maintenant ?

Et par voie de conséquence :

- quelle va être ma sélection ;
- quel est le mode à armer ou à engager ;
-

Lorsque les intentions du PF sont transmises au PM, la standardisation des annonces doit également permettre :

- de faciliter le contrôle des FMA et PFD/NAVD ;
- de faciliter les contrôles et accusés de réception entre les pilotes;

➔ GERER

C'est la dernière priorité qui inclut :

- trajectoire et plan de vol ;
- systèmes hélicoptère (gestion du carburant, déroutement, dégagement)
- procédures anormales et d'urgence.

En résumé :

PRINCIPES DE BASE	AFFICHAGE
PILOTER	PFD
NAVIGUER	NAVD
COMMUNIQUER	Systemes COM/NAV
GERER	Systemes d'alerte / FMS

En équipage ou seul à bord il est impératif de veiller par ailleurs à maintenir un niveau d'activité suffisant afin de garder, à tout moment, un temps d'avance sur les systèmes automatisés

6.2 « Une seule tête à l'intérieur »

Les FMS et autres systèmes de gestion du vol sont consommateurs d'énergie et très chronophages. Un vol en sécurité requiert le parfait contrôle du pilotage, de la navigation (TAWS, CFIT), de la communication (équipage, ATC, ACAS) ainsi que la surveillance du ciel, principe fondamental que les automatismes tendent à faire oublier.

Ainsi, une stricte coordination doit être installée au sein de l'équipage à travers un concept ainsi simplifié : « une tête haute / une tête basse »

Les changements significatifs au niveau du FMS sont demandés par le PF ou proposés par le PM, opérés par le PM et **ensuite** vérifiés par le PF.

Le réglage optimale lorsque disponible des éclairages est un point très important de la gestion des ressources pilote. En effet, des instruments et indicateurs visibles avec un niveau de luminosité adapté permettent de limiter la focalisation ou la non visualisation d'informations primordiales dans le suivi des modes engagés.

 <p>DIRECTION DE LA SÉCURITÉ DE L'AVIATION CIVILE</p>	<p>AUTOMATISMES ET GESTION DU PILOTAGE DES HELICOPTERES</p>	<p>Page 15 sur 27</p>	<p>Edition 1 Révision 0 du 06/08/2018</p>
--	---	---------------------------	---

6.3 Reprendre le pouvoir de commande

Lorsqu'un doute s'installe sur la trajectoire de vol et le contrôle de sa vitesse, l'équipage ne doit pas tenter de reprogrammer immédiatement les automatismes de vol en perdant de vue l'objectif principal qui est celui de piloter l'hélicoptère. Il privilégiera alors l'utilisation de moyens plus conventionnels pour la navigation, réversion vers les modes supérieurs plus basiques tels ALT, HDG, A/S, voire passage en pilotage manuel (**Back to Basics**) jusqu'à un moment plus favorable où la situation à nouveau maîtrisée permettra la reprogrammation des FMS ou de l'AFCS.

Si l'hélicoptère ne suit pas la trajectoire attendue :

- vérifier le statut des modes supérieurs engagés ;
- si possible, désengager le mode qui crée le doute ;
- utiliser un mode de substitution (par exemple de « NAV » vers « HDG » si la route suivie semble ne pas être la bonne).

Les modes supérieurs ne doivent jamais être contraints manuellement en transparence.

S'il en était besoin (manœuvre brutale d'évitement) il convient de déconnecter immédiatement la chaîne concernée, dans le respect des procédures CRM et MCC SOPs.

Si l'hélicoptère ne suit pas la trajectoire attendue et que le temps ne permette pas l'analyse et la résolution du problème rencontré, communiquer, puis :

- le cas échéant sortir du guidage FMS vers les modes supérieurs ;
- le cas échéant abandonner les modes supérieurs pour le pilotage manuel.

6.4 Utilisation du niveau approprié d'automatisme

Le niveau d'automatisation le plus approprié est en général celui pour lequel le pilote se sent le plus à l'aise pour l'accomplissement de sa tâche prioritaire en fonction de son niveau de connaissance des systèmes et d'expérience sur l'hélicoptère.

Le retour au pilotage manuel peut très bien être le niveau approprié d'utilisation des automatismes. Le PF doit toujours avoir autorité sur le système afin de pouvoir à tous moment choisir le niveau optimum d'automatisation.

En résumé :

	<h2 style="color: blue;">PRINCIPES DE BASES</h2>
1	Les hélicoptères fortement automatisés peuvent être pilotés manuellement
2	Piloter, Naviguer, Communiquer, Gérer - DANS CET ORDRE !
3	Une seule tête et paire d'yeux à l'intérieur
4	Vérification de l'exactitude des données FMS
5	Connaissance des FMA en permanence
6	Autorité sur l'automatisme
7	Utilisation du niveau adéquat d'automatisation
8	Communication - Partage des tâches - Vérifications croisées

Les opérateurs doivent établir une politique d'utilisation des automatismes au sein de leurs flottes d'hélicoptères, ceci en fonction du type d'opérations effectuées.

Cette politique fait partie intégrante du manuel d'exploitation.

Elle doit faire état à minima des sujets suivants :

- philosophie générale d'utilisation des automatismes ;
- niveau d'automatisation ;
- conscience de la situation ;
- CRM/MCC ;
- vérifications et contrôles ;
- surveillance des systèmes et des équipages ;
- charge de travail et systèmes utilisés.

La politique d'utilisation des automatismes sera articulée autour d'un noyau central primordial qui est celui de « PILOTER L'HELICOPTERE ».

Cette politique doit être régulièrement enrichie des retours d'exploitation, que ce soit en termes de procédures normales, mais également de procédures anormales et d'urgence.

7. CARACTERISTIQUES DES MODES AFCS MAJEURS

7.1 Utilisation du FMS

Le FMS doit être utilisé en route, pendant les phases de décollage, d'approche et de remise de gaz, dès lors que ces procédures sont à jour dans la data base. Il permet de diminuer considérablement la charge de travail de l'équipage, ainsi que le risque de CFIT.

Chacune des actions sur le FMS doit faire l'objet d'une annonce et d'une vérification croisée de l'équipage (Data, FMS display, FND et/ou NAVD). Les politiques et procédures d'insertion des points « USER » ou « Compagnie » dans les bases de données doivent être documentée, en particulier l'interdiction d'insertion de points « HOMONYMES »

En guidage FMS, si un doute survient sur la trajectoire suivie, l'équipage ne doit pas essayer de reprogrammer le système, mais revenir au guidage classique (VOR/DME par exemple), jusqu'à ce que les conditions de reprogrammation du FMS soient à nouveau réunies (moins de pression temporelle, phase de vol non critique, etc.).

ERREUR FREQUENTE	CONSEQUENCES	ACTION
EN ROUTE DEUX PILOTES DANS LE FMS	PERTE DE LA CONSCIENCE DE LA SITUATION	MISE EN APPLICATION DU PRINCIPLE : « UNE SEULE TETE A L'INTERIEUR »
PROGRAMMATION FMS EN PHASE CRITIQUE	PERTE DE LA CONSCIENCE DE LA SITUATION ET MAUVAISE COMMUNICATION	ANTICIPATION VERIFICATIONS CROISEES
RECONFIGURATION TARDIVE EN APPROCHE	ARRIVEE SUR IAF AVEC UN COUPLAGE FMS INAPPROPRIE	REVENIR AU GUIDAGE CLASSIQUE (RAW DATA)
MAUVAISE COORDONNEES WAYPOINT	CONFUSION, DOUTE, CFIT	CONFIRMATION NAVIGATION PAR ANNONCE FMS DISPLAY, FND, NAVD SCALE
GESTION DU CARBURANT	CONFUSION	PREPARATION AVANT VOL

7.2 Les modes latéraux de l'AFCS

HDG

Le mode HDG maintient le cap actuel lors de l'engagement ou acquiert et maintient un cap présélectionné.

Le PA commande l'assiette de roulis. La vitesse angulaire standard de changement de cap est d'environ 3°/s. L'angle d'inclinaison latérale est limité à 0,16 fois l'IAS en kt avec une valeur maximale de 22°. La vitesse angulaire de roulis est limitée à 5°/s.

Lors de l'engagement du HDG, l'aéronef tourne dans le sens de la rotation du sélecteur HDG, même si la différence de cap dépasse 180°, permettant ainsi de réaliser un 360°.

Les modes ANAV, VOR, LOC, HOV ou GSPD désengagent en général le mode HDG.

VOR

Le mode VOR capture et maintient une route VOR présélectionnée.

L'AFCS commande l'assiette roulis. Il n'y a pas d'écart excessif calculé pour le mode VOR. Selon l'écart VOR, le mode peut être armé ou capturé.

- Armement : l'écart de radial VOR est valide mais trop grand, le pilote doit sélectionner un cap d'interception avec la route VOR désirée, sous un angle maximum de 90° et à une distance supérieure à 6 milles nautiques.

Le capteur Over Station (OSS) indique la verticale d'une station VOR. L'aéronef utilise la route comme valeur de référence de cap pendant le passage vertical. Le bouton CRS peut alors être utilisé pour modifier le cap de l'aéronef vers une nouvelle route d'éloignement.

L'engagement de HDG, NAV, GA, HOV ou GSPD désengage le mode VOR.

NAV

Ce mode permet à l'aéronef de suivre une trajectoire sélectionnée. L'AFCS commande l'assiette de roulis. La source de navigation est le FMS.

Le FMS calcule la position de l'aéronef en utilisant les différents capteurs (GPS, VOR/DME, DME/DME), suivant les équipements installés et les optionnels.

Le mode NAV est créé, modifié et rafraîchi via le clavier FMS.

L'engagement de HDG, GA, HOV, GSPD ou TDN désengage le mode NAV.

LOC ou V/L

Ce mode aligne l'aéronef sur un signal Localizer.

L'AFCS commande l'assiette roulis.

Le système est capable de différencier une fréquence VOR d'une fréquence ILS.

Il y a 2 phases de fonctionnement :

- Armement : l'écart de LOC est valide mais hors distance de point. Le pilote doit faire un vol d'interception, en utilisant HDG ou NAV.
- Capture : une fois l'écart de LOC inférieur à 2,5 points pendant au moins 2 s, l'AFCS peut capturer l'axe LOC désiré.

L'engagement de HDG, NAV, GA, HOV ou GSPD désengage le mode LOC.

7.3 Les modes verticaux et longitudinaux de l'AFCS

GA

Le mode GA doit être utilisé lors des phases de décollage en LVTO.

ALT.A ainsi qu'un mode de guidage latéral sont ensuite engagés dès que la pente de montée est établie.

Le mode GA peut être utilisé en approche interrompue, en particulier en cas de faible vitesse d'approche (PinS).

Le mode GA doit être engagé en cas de désorientation spatiale ou de perte des références visuelles extérieurs à très basse hauteur.

ALT

Le mode ALT maintient l'altitude barométrique affichée lors de son engagement.

L'AFCS commande soit l'assiette tangage soit le manche collectif.

Si ALT est engagé seul à une IAS inférieure à V_y , le mode est engagé sur l'axe collectif et passe automatiquement sur l'axe de tangage quand l'IAS dépasse V_y pendant au moins 5 s.

Si l'IAS est supérieure à V_y , le mode est engagé sur l'axe de tangage.

Plusieurs protections de sécurité sont en général disponibles :

- Protection de Proximité Sol (sur un terrain plat) :
En cas de descente, en utilisant V/S ou IAS couplée, le mode bascule automatiquement sur ALT à une hauteur prédéterminée par le constructeur (65 ft à 150 ft RA).
Cette protection ne doit pas être considérée comme une butée de pilotage mais bien comme un filet de sauvegarde en cas de mauvaise utilisation du pilote.
- Protection de vitesse :
Si ALT est engagé sur l'axe de tangage avec une puissance insuffisante, l'aéronef aura tendance à ralentir. Autour de V_y , le mode IAS est automatiquement engagé, basculant le mode ALT sur l'axe collectif, permettant au PA d'augmenter le pas collectif afin de maintenir l'altitude sélectionnée.
- Protection d'attitude :
L'assiette en tangage est généralement limitée entre -15° et $+15^\circ$ (valeurs moyennes)
- Limitation de puissance :
Si IAS et ALT sont couplés et IAS prééglée sur la VNE, l'AFCS limitera la puissance à MCP (Puissance Continue Maximale). Si le mode ALT est désengagé, l'IAS bascule automatique sur la vitesse affichée pour éviter que l'aéronef n'accélère en piquer à la VNE.

L'engagement de ALT.A, V/S, G/S, ou GA (et HHT CR.HT sur option), désengage le mode ALT.

En opération multi mais aussi mono pilote, la verbalisation à voix haute des modes engagés permet d'activer un niveau de concentration élevé et assure une gestion efficace des actions pertinentes à effectuer. La vision, l'ouïe mais aussi le proprioceptif sont aussi de filets de sauvegarde physiologiques permettant un niveau de surveillance et action adéquats avec une gestion adaptée des ressources disponibles.

V/S

Ce mode maintient la vitesse verticale affichée lors de l'engagement ou capture et maintient une vitesse de montée suivant la puissance disponible et la vitesse affichée

L'AFCS commande soit l'assiette tangage soit le manche collectif.

Si V/S est activé seul à une IAS inférieure à 60 kt, le mode est engagé sur l'axe collectif et passe automatiquement sur l'axe de tangage si l'IAS dépasse V_y pendant au moins 5 s.

Si l'IAS est supérieure à V_y , le mode s'engage sur l'axe de tangage.

Si l'IAS ou GSPD est toujours engagé, V/S s'engage sur l'axe collectif.

L'engagement d'ALT, G/S, CR.HT, GA ou HHT désengage le mode V/S.

L'engagement des modes IAS ou GSPD fait passer le mode V/S sur l'axe collectif.

 <p>DIRECTION DE LA SÉCURITÉ DE L'AVIATION CIVILE</p>	<p>AUTOMATISMES ET GESTION DU PILOTAGE DES HELICOPTERES</p>	<p>Page 20 sur 27</p>	<p>Edition 1 Révision 0 du 06/08/2018</p>
---	--	----------------------------------	---

Pendant les phases de montée, de descente ou d'approche, le mode V/S (ou FPA) ne doit pas être engagé sans que ne soit également engagés les modes ALT.A et IAS.

Avec un pilote automatique **3 AXES**, le mode V/S n'est jamais engagé.
Les phases de montée, de descente ou d'approche sont effectuées avec le mode A/S engagé,
le taux de montée ou de descente est directement piloté au PG.

ALT.A

L'utilisation du mode ALT.A permet de se préserver de toute erreur de stabilisation à l'altitude pré-sélectionnée.

Cependant, toute erreur dans la pré-sélection de ALT.A conduit très probablement vers un mauvais niveau de stabilisation.

Ainsi, une vérification croisée par l'équipage de la pré-sélection est impérative à chaque action sur la commande ALT.A, à chaque changement du calage altimétrique.

L'équipage doit surveiller et contrôler la trajectoire de montée ou de descente jusqu'à la stabilisation de l'hélicoptère au niveau désiré. Une annonce 500 ft avant l'objectif doit être faite, puis la confirmation de l'engagement du mode ALT ainsi que la cohérence du comportement de l'hélicoptère.

ALT.A acquiert et maintient une altitude présélectionnée lors de l'engagement. Pour faire cela, il commande l'assiette tangage ou le manche collectif. Le mode peut être engagé pour monter ou descendre, mais V/S ne peut pas être forcée à un signe opposé à la référence ALT.A.

L'engagement d'ALT, V/S, G/S, CR.HT, GA ou HHT désengage le mode ALT.A.

L'engagement des modes IAS ou GSPD déplace le mode ALT.A sur l'axe collectif.

Le risque de level bust (traversée d'altitude) est très important dès lors que le mode d'interception d'ALT a mal ou non été engagé, sans erreur relevée par le pilote et sans annonce d'arrivée vers l'altitude désirée. Une perturbation de l'attention peut également à ce stade retirer le pilote de sa surveillance d'altitude.

IAS

Le mode IAS maintient la vitesse indiquée affichée lors de l'engagement ou acquiert et maintient une vitesse indiquée présélectionnée.

L'AFCS commande l'assiette de tangage. Lors de l'engagement direct, la référence est synchronisée avec la vitesse indiquée.

Limitation d'utilisation et protections :

L'IAS ne peut pas dépasser la VNE et est limitée à un minimum de 30 kt en général.

L'assiette tangage commandée est limitée entre -15° et +15° (valeurs moyennes)

 <p>DIRECTION DE LA SÉCURITÉ DE L'AVIATION CIVILE</p>	<p>AUTOMATISMES ET GESTION DU PILOTAGE DES HELICOPTERES</p>	<p>Page 21 sur 27</p>	<p>Edition 1 Révision 0 du 06/08/2018</p>
--	---	---------------------------	---

Si le trim collectif n'est pas disponible, l'engagement des modes ALT.A, ALT, V/S ou G/S désengage le mode IAS.

G/S

Le mode G/S capture et maintient la trajectoire de descente associée à une fréquence Localizer.
Le mode G/S ne peut pas être couplé si le mode LOC n'est pas déjà engagé.
L'AFCS commande soit l'assiette tangage soit le pas collectif.

Il y a 2 phases de fonctionnement :

- Armement : possible si le mode LOC est armé ou engagé
- Capture : la capture est possible si l'écart G/S est valide et si le symbole d'alignement au-dessous du centre est à moins de 2,2 points pendant au moins 1 s ou si le symbole d'alignement au-dessus du centre à moins de -0,7 points pendant au moins 3 secondes. Ensuite la capture elle-même a lieu si LOC est capturé et si l'écart G/S est entre 2,05 et -0,3 points.

Le mode G/S passe automatiquement au mode ALT à 80 ft RA, puis la référence d'altitude ne peut pas être sélectionnée au-dessous d'une hauteur de 30 ft.

Cette protection ne doit pas être considérée comme une butée de pilotage mais bien comme une sécurité en cas de mauvaise utilisation du pilote.

L'engagement du mode GA inhibe G/S.

L'engagement d'ALT.A, V/S, ALT, CR.HT, GA ou HHT désengage le mode G/S.

L'engagement du mode IAS fait passer le mode G/S sur l'axe collectif.

GA

Le mode GA fonctionne avec plusieurs logiques différentes selon la situation.

Tous les moteurs en fonctionnement (AEO) :

Si le mode GA est engagé à partir du vol stationnaire il recherche et maintient une vitesse verticale prédéfinie de 1000 ft/min et V_y ou une AIS présélectionnée.

Dans le cas d'un décollage par bonne visibilité, le mode GA est engagé à V_y , afin d'être le plus près possible de la meilleure performance ascensionnelle en cas de panne moteur.

En cas de panne de moteur (OEI) :

- si $IAS < V_{toss}$, le mode GA recherche V_{toss} , puis une V/S est installée selon la puissance disponible (HI, LO, CT, arrêts) ;
- si $V_{toss} \leq AIS < V_y$, l'IAS affichée est maintenue puis V/S est installée selon la puissance disponible (HI, LO, CT, arrêts) ;
- si $IAS \geq V_y$, l'AFCS maintient l'IAS actuelle et installe une vitesse verticale, selon la puissance disponible (HI, LO, CT, arrêts). L'AFCS peut réduire l'IAS à V_y .

L'AFCS commande l'assiette tangage et l'axe collectif. L'accélération commandée varie en accord avec la puissance disponible.

L'engagement de ALT.A, ALT, CR.HT, HT/HOV ou GSPD désengage le mode GA.
G/S ne désengage pas le mode GA.

Sauf si le mode HDG est engagé, lors de l'engagement GA, l'aéronef se met en voilure horizontale sur l'axe de roulis et commence la montée.

Une action coordonnée franche sur la puissance et une assiette importante lors d'une remise de gaz peuvent amener un fort taux variomètre. En conditions IMC, la sensation du pilote d'avoir une position inusuelle à très fort cabré (référence de verticalité erronée) en sera la traduction avec le risque de pousser sur le manche afin de diminuer cette fausse sensation. Seul le retour automatique et rapide du regard sur le PFD permettra d'annuler cette réaction opposée.

Voir :

<https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/illusions-sensorielles-et-desorientations-spatiales>

<https://www.skybrary.aero/index.php/Solutions:SKYclips>

8. PHASES DE VOL ET SELECTIONS

AFCS 3 axes



PHASE DE VOL	MODE LATERAL	MODE LONGITUDINAL	OBSERVATIONS
AVANT DEC	Pré-sélect HDG	Pré-sélect A/S	= f (Vp minimale d'engagement)
DEC DEGAGE	NAV – HDG*	A/S après Vtoss	Attention aux variations trop franches de Pw
DEC PONCTUEL	NAV – HDG*	GA →	Engagement GA au TDP à Vy → A/S
MONTEE	NAV/VOR/HDG*	A/S	CHECK Pw ET assiette PUIS ALT à atteindre
CROISIERE	NAV / VOR	ALT	CHECK ALT
DESCENTE	NAV / VOR	A/S	CHECK descente Pw ET Altitude à atteindre
APPROCHE	V/L - G/S NAV – HDG*	A/S	Selon type d'approche
API	NAV – HDG*	GA	Affichage Pw montée PUIS sélection A/S

* SI NAV NON DISPONIBLE

AFCS 4 axes

PHASE DE VOL	MODE LATERAL	MODE LONGITUDINAL	OBSERVATIONS
AVANT DEC	Pré-sélect HDG	Pré-sélect ALT.A Pré-sélect IAS	= f (Vp minimale d'engagement)
DEC DEGAGE	NAV – HDG*	GA après V1	après Vy → AIS
DEC PONCTUEL	NAV – HDG*	GA →	Engagement GA au TDP
MONTEE	NAV/VOR/HDG*	ALT.A / IAS	-
CROISIERE	NAV / VOR	ALT	CHECK ALT
DESCENTE	NAV / VOR	ALT.A / IAS	CHECK altitude à atteindre
APPROCHE	V/L - G/S NAV – HDG*	ALT.A / IAS	Selon type d'approche
API	NAV – HDG*	GA / ALT.A	à Vy → AIS

* SI NAV NON DISPONIBLE



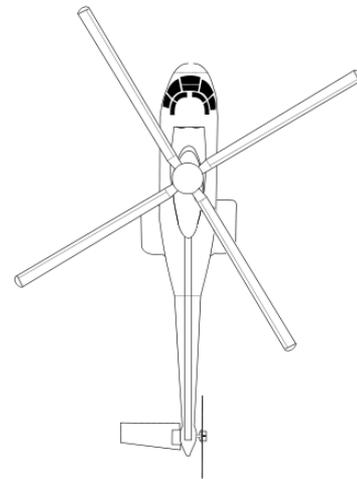
 <p>DIRECTION DE LA SÉCURITÉ DE L'AVIATION CIVILE</p>	<p>AUTOMATISMES ET GESTION DU PILOTAGE DES HELICOPTERES</p>	<p>Page 25 sur 27</p>	<p>Edition 1 Révision 0 du 06/08/2018</p>
---	--	----------------------------------	---

GLOSSAIRE

AFCS: automatic flight control system
 AP: auto pilot
 APCP: auto pilot control panel
 ATC: air traffic control
 BRG: bearing
 CAS: crew alerting system
 CDU: control display unit
 CFIT: controlled flight into terrain
 CRM: cockpit resource management
 CR.HT : cruise height
 CRS: course
 DME: distance measuring equipment
 FCOM: flight crew operating manual
 FND: fight navigation display
 FL: flight level
 FMA: flight mode annunciator
 FMS: flight management system
 FPA: flight path angle
 F/TDN: fix/transdown
 GA: go around
 GPWS: ground proximity warning system
 GSPD: ground speed
 G/S: glide slope
 HDG: heading
 HHT: hover height
 HOV: hover
 IAS: indicated air speed
 ILS: instrument landing system
 LOC: localizer
 LDP: landing point
 MEA: minimum en route altitude
 MORA: minimum off route altitude
 MSA: minimum sector altitude
 NAV: navigation
 NAVD: navigation display
 OM: operations manual
 OSS : over station signal
 PF: pilot flying
 PFD: primary flight display
 PinS : point in space
 PM: pilot monitoring
 QRH: quick reference handbook
 RA: radio altimeter
 RMI: radio magnetic indicator
 SOP: standard operations procedure
 TA: traffic advisory
 TAWS: terrain awareness and warning system

 <p>DIRECTION DE LA SÉCURITÉ DE L'AVIATION CIVILE</p>	AUTOMATISMES ET GESTION DU PILOTAGE DES HELICOPTERES	Page 26 sur 27	Edition 1 Révision 0 du 06/08/2018
--	---	--------------------------	--

TCAS: traffic collision avoidance system
TEM: threat and error management
TDP : take off decision point
VMC: visual meteorological conditions
V/L : localizer
V/S: vertical speed
Vtoss : take off security speed
Vy: optimum speed of climb



DSAC/PN
50 rue Henry Farman
75720 Paris Cedex 15

Tél. : 01 58 09 44 62
Fax : 01 58 09 45 20