



# Gestion des automatismes et des trajectoires de vol

À L'ATTENTION DES PILOTES ET INSTRUCTEURS HÉLICOPTÈRE

BROCHURE DE FORMATION



Exemple d'affichage de vol et de navigation (FND) sur le H135

# HE 9



# TABLE DES MATIÈRES

<b>GLOSSAIRE</b>	<b>5</b>	—
<b>INTRODUCTION</b>	<b>6</b>	—
<b>1 ÉTUDE DE CAS - INCIDENT LIÉ AUX AUTOMATISMES</b>	<b>7</b>	—
1.1 Synopsis	7	—
1.2 À propos du mode supérieur GA	7	—
1.3 Enseignements à retenir	7	—
<b>2 LES AUTOMATISMES : AMIS OU ENNEMIS ?</b>	<b>8</b>	—
2.1 Généralités	8	—
2.2 La confiance dans les automatismes	8	—
2.3 Modèle de performance de base	9	—
2.4 Niveau d'automatisation	9	—
<b>3 UTILISATION OPTIMALE DES AUTOMATISMES</b>	<b>14</b>	—
3.1 Objectif de conception	14	—
3.2 Comprendre les systèmes automatisés	14	—
3.3 Interface équipage/système	14	—
3.4 Facteurs opérationnels et humains affectant l'utilisation optimale des automatismes	16	—
3.5 Résumé des points clés	16	—
<b>4 PRINCIPES DE BASE DE L'AUTOMATISATION</b>	<b>17</b>	—
4.1 Introduction	17	—
4.2 Principes de base d'ordre général	17	—
4.3 Principes de base en fonctionnement normal	23	—

	<b>4.4 Principes de base propres aux situations anormales et d'urgence</b>	<b>25</b>
	<b>5 RÉFÉRENCES</b>	<b>27</b>
	<b>ANNEXE 1</b>	<b>28</b>
	<b>ANNEXE 2</b>	<b>29</b>
	<b>ANNEXE 3</b>	<b>36</b>

# GLOSSAIRE

AFCS : Automatic Flight Control System (Système automatique de commande de vol)	PF : Pilot Flying (Pilote en fonction)
AP : Auto Pilot (Pilote automatique)	PFD : Primary Flight Display (Affichage des paramètres de vol primaires)
APCP : Auto Pilot Control Panel (Panneau de commande du pilote automatique)	PM : Pilot Monitoring (Pilote non en fonction)
ATC : Air Traffic Control (Contrôle de la circulation aérienne)	QRH : Quick Reference Handbook (Manuel de référence rapide)
BRG : Bearing (Relèvement)	RA : Radio Altimeter (Radioaltimètre)
CAS : Crew Alerting System (Système d'alerte de l'équipage)	RMI : Radio Magnetic Indicator (Indicateur radiomagnétique)
CDU : Control Display Unit (boîtier de commande et d'affichage)	SID : Standard Instrument Departure (Départ normalisé aux instruments)
CFIT : Controlled Flight Into Terrain (Impact sans perte de contrôle)	SOP : Standard Operations Procedure (Procédure normalisée d'exploitation)
COM/NAV : Communication/Navigation	TA : Traffic Advisory (Avis de trafic)
CRM : Cockpit Resource Management (Gestion des ressources de l'équipage)	TAWS : Terrain Awareness and Warning System (Système d'avertissement et d'alarme d'impact)
CRS : Course (Direction)	TCAS : Traffic Collision Avoidance System (Système d'évitement de collision en vol entre aéronefs)
DME : Distance Measuring Equipment (Équipement de mesure de distance)	TEM : Threat and Error Management (Gestion des menaces et des erreurs)
FCOM : Flight Crew Operating Manual (Manuel d'exploitation destiné à l'équipage)	VMC : Visual Meteorological Conditions (Conditions météorologiques de vol à vue)
FND : Flight Navigation Display (Affichage de vol et de navigation)	V/S : Vertical Speed (Vitesse Verticale)
FL : Flight Level (Niveau de vol)	
FMA : Flight Mode Annunciator (Indicateur de mode de vol)	
FMS : Flight Management System (Système de gestion de vol)	
GA : Go Around (Remise des gaz)	
GPWS : Ground Proximity Warning System (Avertisseur de proximité du sol)	
G/S : Glide Slope (Alignement de descente)	
HDG : Heading (Cap)	
IAS : Indicated Air Speed (Vitesse indiquée)	
ILS : Instrument Landing System (Système d'atterrissage aux instruments)	
LOC : Localizer (Alignement de piste)	
LDP : Landing Point (Point d'atterrissage)	
MEA : Minimum En route Altitude (Altitude minimale en route)	
MORA : Minimum Off Route Altitude (Altitude minimale hors route)	
MSA : Minimum Sector Altitude (Altitude minimale de secteur)	
NAV : Navigation	
NAVD : Navigation Display (Affichage de navigation)	
OM : Operations Manual (Manuel d'exploitation)	

# INTRODUCTION

La présente brochure a été élaborée par l'Équipe européenne de mise en œuvre de la sécurité hélicoptères (EHSIT – European Helicopter Safety Implementation Team), une composante de l'Équipe européenne pour la sécurité hélicoptères (EHEST – European Helicopter Safety Team). L'EHSIT est chargée de traiter les recommandations de mise en œuvre (IR – Implementation Recommendations) identifiées lors de l'analyse d'accidents conduite par l'Équipe européenne d'analyse de la sécurité hélicoptères (EHSAT – European Helicopter Safety Analysis Team).

Depuis plusieurs années, les hélicoptéristes utilisent les automatismes, sous la forme de systèmes d'augmentation de la stabilité et de maintien d'attitude, afin de réduire la charge de travail des équipages lors des phases de pilotage manuel. L'évolution rapide des technologies observée depuis 30 ans, et plus particulièrement au cours des 10 dernières années, est à l'origine de fonctionnalités majeures intégrées à ces systèmes.

Malheureusement, les méthodes de formation et de vérification n'ont pas toujours suivi le rythme de cette évolution technologique permanente. L'utilisation des automatismes devrait être abordée de manière plus approfondie dans les formations, et les exploitants devraient disposer de consignes supplémentaires.

L'émergence des comptes-rendus du Comité d'évaluation opérationnelle des JAA (OEB – Operational Evaluation Board) et des nouvelles données d'adéquation opérationnelle de l'EASA (OSD – Operational Suitability Data) a fortement contribué à la définition des sujets essentiels à aborder durant une formation de qualification de type. Certains constructeurs ont également publié des documents d'exploitation, comme la Note d'information opérationnelle en vol (FOBN – Flight Operational Briefing Note) et plus récemment, le Manuel d'exploitation destiné à l'équipage (FCOM), afin d'aborder d'une façon différente l'utilisation de l'aéronef dans le cadre de missions spécifiques, comme les opérations offshore, les missions de recherche et de sauvetage et les missions de services médicaux d'urgence en hélicoptère.

L'automatisation a sensiblement contribué à l'amélioration constante de la sécurité des vols. Les automatismes augmentent la rapidité et la précision des procédures systématiques en réduisant le risque d'erreur et les dangers qui y sont associés.

Néanmoins, l'automatisation a ses limites. Tout particulièrement dans les aéronefs complexes et très automatisés, l'équipage risque d'interpréter faussement le mode de fonctionnement de l'appareil ou de ne pas comprendre les interactions entre un mode d'automatisation et une action du pilote ou lors d'une phase de vol particulière.

La communauté des hélicoptéristes continue de faire face à des incidents et des accidents, dans le cadre desquels l'automatisation et les affichages de vol complexes constituent des facteurs contributifs importants mentionnés par les enquêteurs. Le présent document a été élaboré afin d'identifier les bonnes pratiques actuelles et d'utiliser au mieux ces précieuses avancées en matière de sécurité. Cette brochure est davantage axée sur les opérations multi pilotes, cependant un pilote seul qui rencontre les mêmes problèmes dans un aéronef moderne y trouvera des propositions pour réduire sa charge de travail et gérer plus efficacement son vol.

# 1 ÉTUDE DE CAS - INCIDENT LIÉ AUX AUTOMATISMES

## 1.1 Synopsis

Après 28 minutes passées sur l'héliport, le commandant a décollé, et alors que l'hélicoptère accélérât, il a engagé le pilote automatique en mode de remise des gaz (GA – Go Around). Presque immédiatement, l'équipage a senti que l'hélicoptère n'effectuait pas la transition en montée attendue ; de fait, il continuait de descendre et d'accélérer. Alors que le pilote automatique était toujours engagé, le commandant a actionné manuellement les commandes pour revenir sur le profil de montée souhaité. L'enregistrement des données de vol a montré que l'hélicoptère avait effectué une transition en montée, mais que l'assiette de tangage avait continué d'augmenter progressivement pour atteindre 18° de cabré, tandis que la vitesse anémométrique avait diminué pour arriver à une valeur presque nulle. L'angle de tangage a continué d'augmenter jusqu'à 23,5° de cabré avant qu'une action de rétablissement ne soit entreprise. Lors du rétablissement de la variation en tangage, l'hélicoptère a établi une assiette à piquer de 36°, interrompant ainsi sa descente rapide à environ 50 pieds au-dessus de la surface de la mer. Le commandant a ensuite rétabli les paramètres de vol normaux de l'hélicoptère et a repris la montée jusqu'à l'altitude de croisière. L'équipage a signalé des difficultés dans l'engagement des modes du pilote automatique pendant la montée initiale, cependant le fonctionnement normal a été rétabli, avant une approche et un atterrissage en toute sécurité.

## 1.2 À propos du mode supérieur GA

Lorsque le commandant a engagé le mode GA, ce dernier s'est engagé comme prévu. À cet instant, la vitesse anémométrique (76 nœuds) est devenue l'objectif de vitesse du pilote automatique, avec un objectif de vitesse verticale de 1 000 pieds par minute en cabré. La vitesse verticale ayant ensuite augmenté pour atteindre l'objectif avant de le dépasser, le pas collectif et le couple moteur ont diminué, comme ils étaient supposés le faire dans cette situation. Le mode GA est resté engagé pendant 15 secondes avant un retour aux modes IAS et VS. Toutefois, étant donné que l'IAS tendait vers une vitesse nulle suite aux sollicitations du cyclique vers l'arrière, le mode IAS s'est automatiquement désengagé et a été remplacé par un mode d'attitude de base ; le mode V/S est resté engagé.

## 1.3 Enseignements à retenir

- **Piloter avant toute chose** : le PF doit se concentrer sur le pilotage de l'aéronef. Le PM doit aider le PF en surveillant les paramètres de vol et en énonçant tout écart excessif ou toute action inappropriée du PF.
- **Si les choses ne se passent pas comme prévu, reprendre le contrôle de l'appareil** : Si l'aéronef ne suit pas la trajectoire de vol souhaitée, basculer sans attendre du mode de guidage sélectionné en pilotage manuel.
- **Utiliser le niveau d'automatisation adapté selon la tâche** : souvent, le niveau d'automatisation adapté sera celui avec lequel le pilote se sent le plus à l'aise.
- **Appliquer le partage des tâches et se soutenir mutuellement** : le partage des tâches, le recoupement efficace des données et le soutien sont des principes à appliquer durant toutes les phases des opérations au sol et en vol.
- **Savoir en permanence quels sont les modes de guidage disponibles et sélectionnés** : le PFD et le NAVD sont les principales interfaces permettant à l'aéronef de communiquer avec l'équipage, afin de confirmer que les systèmes de l'aéronef ont correctement accepté les choix de mode et les objectifs saisis.
- **Connaître la logique d'automatisation des constructeurs (OEM)** : les membres d'équipage possédant des qualifications de type hélicoptère se rapportant à différents OEM doivent les passer en revue et se concentrer sur la logique de chaque AFCS.
- **Communiquer** : dans le cadre de l'exploitation multipilote, il est essentiel d'énoncer clairement et de confirmer les choix de mode et les réactions de l'aéronef (attendues ou non) afin de maintenir la conscience de la situation au plus haut niveau.

## 2 LES AUTOMATISMES : AMIS OU ENNEMIS ?

### 2.1 Généralités

- « L'automatisation a fortement amélioré la sécurité, le confort et la satisfaction au travail, dans de nombreuses applications ; toutefois, ils ont également entraîné de nombreux problèmes » (Wickens).
- L'automatisation ne fait pas que se substituer aux activités humaines ; elle modifie les activités humaines de façon prévisible et imprévisible.
- De nombreux accidents sont liés à des problèmes d'interaction entre l'homme et les automatismes.

### 2.2 La confiance dans les automatismes

La confiance est un facteur important dans les interactions entre l'homme et les automatismes. Elle influe fortement sur les performances des systèmes (Sheridan, 2002).

- Confiance dans les automatismes : foi inébranlable en l'intégrité, la capacité, la fiabilité ou la nature d'une aide (subjectif)
- Utilisation des automatismes : dépendance réelle envers une aide (objectif)

La confiance dans les automatismes est un facteur majeur de mauvaises performances dans les interactions entre l'homme et les automatismes, à l'origine de nombreuses enquêtes. De fait, **les humains sont mauvais dans les tâches de surveillance**. L'équipage doit avoir confiance dans les automatismes afin de les utiliser correctement ; toutefois, la confiance est un processus non linéaire, qui peut être défini comme suit :

- Il existe une fonction non linéaire des performances des automatismes et de l'interaction dynamique entre l'opérateur et les automatismes.
- Une expérience négative a plus de poids.
- Les premières expériences ont plus de poids.
- Un manque de fiabilité entraîne une baisse rapide de la confiance.
- La prévisibilité du manque de fiabilité est également importante : une prévisibilité plus faible entraîne un fléchissement de la confiance.
- Recherches récentes : lorsque les automatismes interprètent mal des « problèmes faciles à résoudre », le niveau de confiance/crédit diminue.

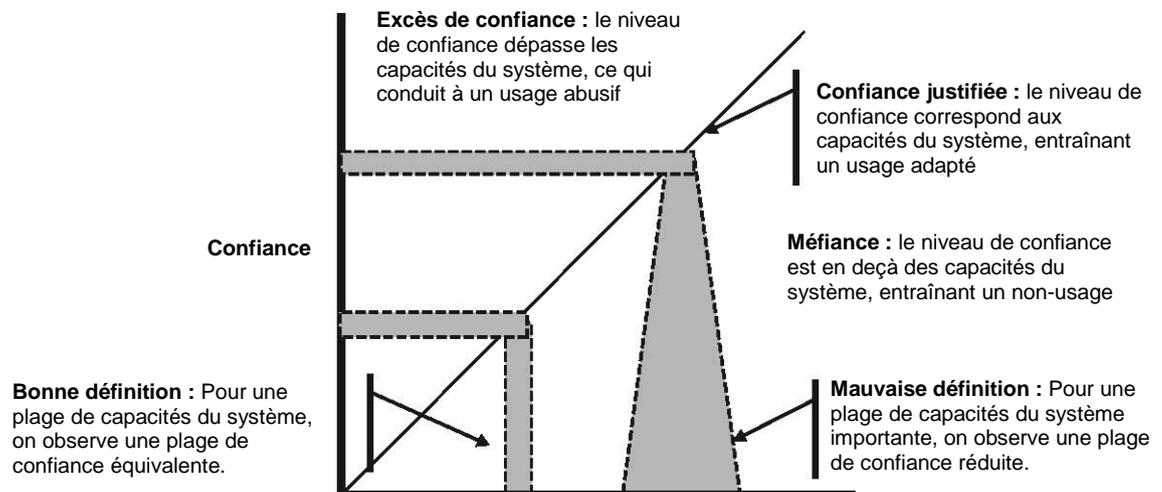


Fig. 1 : Capacités d'automatisation

### 2.3 Modèle de performance de base

En principe, les performances d'un système homme-machine dépendent de la conception, des procédures et des compétences (qui résultent des études, de la formation et de l'expérience) ainsi que de l'environnement (source : EASA Automation Policy, Edition 2, 2013).

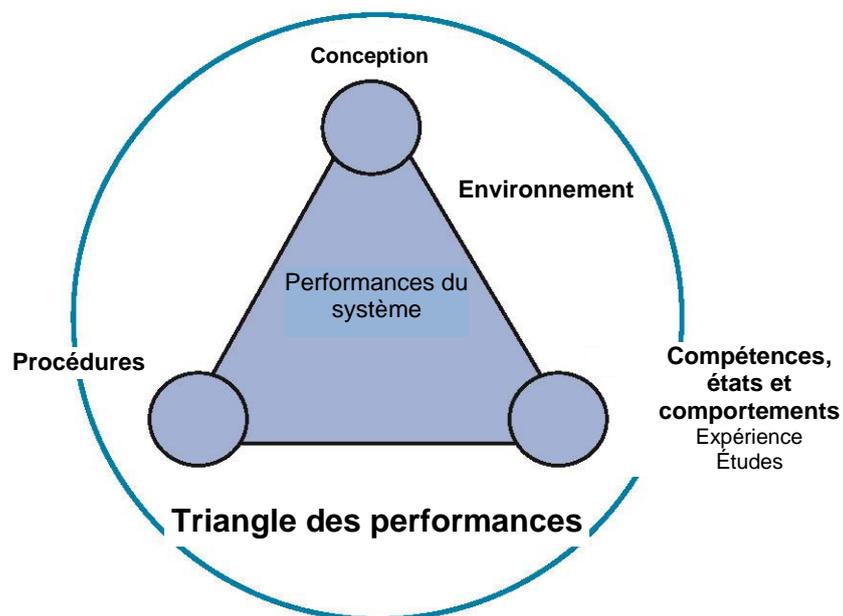


Fig. 2 : Triangle des performances

L'état physiologique et psychologique du ou des intervenants (stress, fatigue, etc.), les comportements, l'intérêt et l'implication dans la tâche jouent également un rôle.

Le modèle montre qu'une bonne conception (simple, intuitive et conviviale) requiert moins de compétences et/ou de directives procédurales (consignes) pour être utilisée ; à l'inverse, une mauvaise conception requiert plus d'indications et/ou de compétences de la part de l'utilisateur.

Le modèle montre aussi qu'il est réducteur de désigner un seul élément du système en cas de dégradation des performances, et que les performances du système dans son ensemble peuvent être accrues en améliorant n'importe lequel de ces trois éléments de base, de façon isolée ou combinée.

### 2.4 Niveau d'automatisation

La plupart des hélicoptères monomoteurs légers fonctionnent sans système d'automatisation, tandis que les hélicoptères de taille moyenne ou les grands avions modernes sont conçus pour être pilotés en utilisant les 4 axes des modes supérieurs de l'AFCS, afin d'améliorer la sécurité et de réduire la charge de travail des pilotes. L'automatisation permet de bénéficier de la protection de l'AFCS en améliorant la gestion des erreurs commises par l'équipage. Il est relativement difficile de définir le niveau d'automatisation approprié, car celui-ci dépend de nombreux facteurs, comme les conditions météorologiques, l'environnement, la charge de travail de l'équipage, la formation de l'équipage, etc.

Le niveau d'automatisation utilisé sera généralement celui adopté par l'équipage en fonction de la tâche ou de la situation.

Traditionnellement, les principaux degrés d'automatisation (de l'automatisation nulle à l'automatisation complexe) peuvent être définis comme suit :

#### 2.4.1 Aucun automatisme

La plupart des hélicoptères monomoteurs légers ne possèdent aucun automatisme (R22, R44, AS350, H130). Toutefois, il est possible d'intégrer un AFCS 2 ou 3 axes en option dans certains hélicoptères. Ces types d'appareil sont principalement utilisés pour les vols privés, la formation ou le travail aérien.

En l'absence d'automatismes, un pilote doit voler « de façon manuelle » en permanence. Dans ce cas, l'accès direct aux commandes de vol (avec ou sans système d'assistance) permet au pilote de « ressentir » les efforts sur l'aéronef et de réagir en conséquence, notamment dans le cadre du travail aérien, où la précision est de mise (oscillation, treuillage, etc.). Pour les appareils automatisés utilisés dans ce type d'opération de précision en vol stationnaire, il est d'usage de désengager les automatismes afin d'agir directement sur les commandes des rotors.

Le pilotage « avec intervention manuelle » permanente (notamment pour une utilisation monopilote) génère une charge de travail importante qui implique de changer les fréquences, de se reporter à des tableaux, de calculer les performances, etc. Cela est certes acceptable pour une intervention dans une zone géographique réduite, cependant pour la navigation en route, un système de maintien d'attitude réduira cette charge de travail.

#### 2.4.2 Système d'augmentation de la stabilité (SAS)

Le système d'augmentation de la stabilité (SAS) offre des entrées de commande de **ralentissement de la vitesse à court terme** permettant d'améliorer la stabilité de l'hélicoptère. Tout comme les systèmes de compensation (trim), le SAS requiert un pilotage « avec intervention manuelle ».

Les systèmes de maintien d'attitude (ATT) rétablissent l'attitude sélectionnée pour l'hélicoptère après une perturbation. Les changements d'attitude peuvent généralement être effectués par le biais d'un interrupteur pas-à-pas à 4 voies (« beep ») ou en actionnant un interrupteur de compensation d'effort (« force trim ») situé sur le cyclique, qui redéfinit l'attitude souhaitée manuellement. La fonction de maintien d'attitude peut être intégrée à un système SAS ou faire partie des fonctions « sans intervention manuelle » de base du pilote automatique.

Parmi les systèmes proposés, le plus simple est un système de compensation d'effort, qui utilise un embrayage magnétique et des ressorts pour maintenir la commande cyclique dans la position dans laquelle elle a été relâchée. Les systèmes plus complexes utilisent des dispositifs d'asservissement électriques qui déplacent les commandes de vol. Ces dispositifs d'asservissement reçoivent les commandes de contrôle d'un calculateur qui détecte l'attitude de l'hélicoptère.

Sur certains hélicoptères modernes, en cas de panne des deux unités de traitement de l'AP, un SAS de secours prend automatiquement le contrôle des actionneurs série afin de garantir un minimum de stabilité pour l'hélicoptère. Cette fonction pourrait être assurée par un instrument autonome utilisant ses propres gyroscopes de référence et ses propres lois de commande du SAS.

Cependant, ce niveau d'assistance au pilotage nécessite encore des interventions fréquentes de la part du pilote. Il n'est donc pas surprenant qu'une assistance au pilotage plus performante ait été demandée dès les années 1960.

#### 2.4.3 Mode de stabilisation de base avec l'AFCS

Le mode de stabilisation de base est assuré par l'AFCS sur les axes de tangage, de roulis et de lacet, à travers des actionneurs série et parallèles :

- Axe de tangage et de roulis : maintient les attitudes définies par le pilote ou celles en cours au moment de l'engagement.
- Axe de lacet : maintient le cap en vol stationnaire ou à faible vitesse, ou bien assure la coordination en virage en vol de croisière.

Il s'agit de la fonction de stabilisation de base, qui permet le **maintien de l'attitude à long terme** sur les axes de tangage et de roulis, afin de limiter la charge de travail et les efforts sur les commandes de vol. Cette fonction « avec intervention manuelle » signifie que le pilote doit avoir les mains sur les commandes de vol et doit effectuer les ajustements nécessaires pour maintenir la trajectoire de vol souhaitée de l'hélicoptère ou la vitesse, qui dépend également du réglage du collectif pour générer une poussée suffisante.

Quelques conseils utiles à prendre en compte :

- Lorsque la position souhaitée du manche cyclique est sélectionnée afin de maintenir la trajectoire de vol, utiliser la compensation pas-à-pas (« beep trim ») pour effectuer de petits ajustements et le débrayage de trim pour des changements d'attitude importants.
- En vol de croisière, le déplacement libre des pédales permet à l'AFCS de contrer la dérive.
- L'action en roulis permettant de maintenir l'angle d'inclinaison souhaité est généralement obtenue en exerçant un effort sur le manche cyclique uniquement (c'est-à-dire, sans utiliser la compensation dans un virage). De cette manière, le cyclique rétablira la position horizontale en cas d'état indésirable de l'aéronef. Il est établi que certains types peuvent présenter des charges de rupture importantes et que la compensation en virage peut, dans la pratique, se révéler la meilleure option.
- Lorsque cela s'avère possible, utiliser la stabilisation en mode supérieur afin de réduire la charge de travail du pilote.

#### 2.4.4 Modes supérieurs sur 3 axes

Pour tous les modes supérieurs, l'utilisation de 4 axes au lieu de 3 est recommandée afin de réduire la charge de travail du pilote. Certaines fonctions peuvent s'avérer très utiles en situation critique et ainsi, améliorer la sécurité du vol.

En modes supérieurs sur 3 axes, les modes supérieurs commandent le cyclique, mais le pas collectif doit être contrôlé manuellement (intervention manuelle). Ainsi, aucun mode du collectif n'est indiqué sur le bandeau de l'AFCS.

Les systèmes de pilote automatique (AP) permettent un pilotage « sans intervention manuelle » pour le cyclique uniquement sur les trajectoires latérales et verticales spécifiées. Les modes de fonctionnement peuvent inclure le cap, l'altitude, la vitesse verticale, le suivi de la navigation et l'approche. Les AP possèdent généralement un panneau de commande pour sélectionner les modes et indiquer l'état de ces derniers. Les AP contrôlent habituellement l'hélicoptère sur les axes de roulis et de tangage (commande cyclique), mais ils comprennent également l'axe de lacet (commande par pédale).

Cela signifie que les modes vertical et latéral peuvent être engagés en même temps ; le pilote doit cependant ajuster la puissance afin de maintenir la vitesse, par action sur le pas collectif. Ce point est souvent source de confusion pour les pilotes. La surveillance du bandeau de l'AFCS est le seul moyen de s'assurer de l'état des modes supérieurs de l'AFCS.

Toutefois, pour les systèmes équipés de systèmes AP 4 axes, il peut parfois s'avérer utile de piloter sur 3 axes uniquement, par exemple en présence de turbulences ou pendant les vols de contrôle de puissance moteur. Ainsi, le pilote peut basculer du pilotage 4 axes au pilotage 3 axes lorsque les modes supérieurs sur 3 axes sont momentanément requis.

Sur certains hélicoptères modernes, les modes supérieurs de l'AFCS passent automatiquement de 3 axes à 4 axes pour réduire la charge de travail du pilote et accroître la sécurité (par exemple, en cas d'extinction de moteur ou si la vitesse passe en dessous de  $V_y$  sans aucune action du pilote sur le levier de pas collectif ou à proximité du sol).

En cas de pilotage 3 axes en tangage et roulis, il est impératif que le pilote continue d'agir sur le levier de pas collectif. Les principes de base de pilotage de l'hélicoptère doivent être appliqués mentalement en permanence, notamment en cas de changement de vitesse ou d'altitude, car une perte d'attention à un faible affichage de puissance pourrait rapidement entraîner une faible vitesse. Il est recommandé de garder une main sur le levier de pas collectif ; ainsi, le pilote pourra mieux surveiller l'affichage de puissance sélectionné.

#### 2.4.5 Modes supérieurs sur 4 axes

En modes supérieurs sur 4 axes, les modes supérieurs contrôlent les pas cyclique et collectif ; le pilote peut donc voler sans aucune intervention manuelle, mais l'attention du pilote est toujours requise à proximité du sol.

Les systèmes de pilote automatique (AP) permettent un pilotage « sans intervention manuelle » sur les trajectoires latérale et verticale spécifiées. Les modes de fonctionnement peuvent inclure le cap, l'altitude, la vitesse verticale, le suivi de la navigation et l'approche. Les AP possèdent généralement un panneau de commande pour sélectionner les modes et indiquer l'état de ces derniers. Les AP contrôlent habituellement l'hélicoptère sur les axes de roulis et de tangage (commande cyclique), mais ils comprennent également l'axe de lacet (commande par pédale) et les dispositifs d'asservissement de commande de collectif.



Cependant, ces niveaux d'assistance plus élevés soulèvent la question de leur compatibilité avec les actions des pilotes. Prenons l'exemple du maintien de l'inclinaison latérale : Cette fonction tente de contrer l'action en roulis du pilote à chaque fois que ce dernier essaie d'amorcer un virage. En conséquence, la plupart des fonctions d'assistance en vol, en dehors de l'augmentation de la stabilité, détectent les actions du pilote, afin que l'AFCS puisse automatiquement rétablir les fonctions appropriées de contrôle par le pilote.

Ces fonctions de contrôle par le pilote étaient traditionnellement désignées sous les termes de fonctions « avec intervention du pilote », de « pilotage transparent » ou encore de modes « prioritaires ». Toutes ces dénominations induisaient l'idée qu'en cas de détection d'une action de la part du pilote, l'AFCS était supposé interrompre sa fonction de maintien à plus long terme, pour la remplacer momentanément par une fonction d'assistance au pilote à court terme.



## 3 UTILISATION OPTIMALE DES AUTOMATISMES

### 3.1 Objectif de conception

L'objectif de conception de l'AFCS est d'assister l'équipage tout au long du vol (dans le domaine de vol normal) :

- en libérant le PF des tâches systématiques, afin qu'il puisse disposer du temps et des ressources nécessaires pour améliorer sa conscience de la situation ou résoudre d'éventuels problèmes ; ou
- en fournissant au PF les indications appropriées concernant l'attitude et la trajectoire de vol par le biais du FND, pour un pilotage manuel.

L'AFCS fournit des indications permettant de capturer et de maintenir les objectifs sélectionnés et la trajectoire de vol déterminée, conformément aux modes engagés et aux objectifs définis par l'équipage sur le panneau de commande du pilote automatique (APCP) ou sur le système de gestion de vol (FMS).

L'APCP et les leviers de commande constituent l'interface principale entre le pilote et l'AFCS pour le guidage à court terme (c'est-à-dire, le guidage dans l'immédiat).

Le FMS constitue l'interface principale entre le pilote et le système automatique de commande de vol (AFCS) pour le guidage à long terme (c'est-à-dire, la phase de vol actuelle et les phases ultérieures).

### 3.2 Comprendre les systèmes automatisés

Dans l'idéal, pour comprendre un système automatisé (notamment l'AFCS et le FMS), il faudrait pouvoir répondre aux questions fondamentales suivantes :

- Comment le système est-il conçu ?
- Pourquoi le système est-il conçu de cette façon ?
- Comment le système interagit-il et communique-t-il avec le pilote ?
- Comment utiliser le système dans des conditions normales et anormales ?
- Quels sont les dispositifs de protection automatiques fournis par le système et dans quelles circonstances ces dispositifs peuvent-ils se trouver dans des conditions de fonctionnement dégradé ?

Pour une utilisation optimale des automatismes, il convient d'avoir une excellente connaissance des aspects suivants :

- Intégration des modes de l'AFCS sur le FND/NAVD (c'est-à-dire, appariement des modes)
- Séquences de transition et de réversion des modes
- Interfaces pilote/système, aux fins de :
  - ✓ Communication du pilote vers le système (sélection des objectifs et engagement des modes)
  - ✓ Retour d'information du système vers le pilote (recoupement des données sur l'état des modes et la précision de guidage de l'hélicoptère par rapport aux objectifs, surveillance active des commandes)

### 3.3 Interface équipage/système

Pour toute action sur l'APCP ou le FMS visant à donner un ordre à l'AFCS, le pilote s'attend à ce que l'aéronef réagisse d'une certaine façon. Il doit donc se poser les questions suivantes :

- Quels sont mes objectifs actuels pour le vol ?
- Quels seront mes objectifs pour la suite du vol ?

Cela implique également de répondre aux questions suivantes :

- Quel mode dois-je engager et quel objectif de vol ai-je défini pour l'aéronef ?
- L'aéronef suit-il les trajectoires de vol verticales et latérales et les objectifs ?
- Quel mode ai-je armé et quel objectif ai-je prédéfini pour la suite du vol ?

Pour pouvoir répondre à ces questions, il est nécessaire de comprendre la fonction principale des commandes et affichages suivants :

- Touches de sélection de mode, boutons de définition d'objectif et fenêtres d'affichage sur l'AFCS
- Clavier, touches de fonction, pages de visualisation et messages sur le FMS
- Indicateur de modes de vol (FMA) sur le PFD
- Affichages et échelles sur le PFD et le NAVD (recouplement des données concernant les objectifs de vol)

Une surveillance efficace de ces commandes et affichages sensibilise l'équipage et lui permet d'être plus conscient des indications disponibles concernant la trajectoire de vol et le contrôle de la vitesse :

- État du système de pilote automatique (modes engagés ou armés)
- Objectifs de vol actifs



### 3.4 Facteurs opérationnels et humains affectant l'utilisation optimale des automatismes

Les facteurs opérationnels et humains suivants sont régulièrement observés dans les incidents et les accidents où l'utilisation des automatismes a été identifiée comme un facteur de causalité :

- Indécision (absence d'interaction avec les automatismes ou prise de contrôle tardive sur les automatismes lorsque cela s'avère nécessaire)
- Excès de confiance/crédit (délégation excessive)
- Complaisance (passivité, manque de surveillance active)
- Armement ou engagement accidentel d'un mode inapproprié
- Absence de vérification de l'armement/l'engagement réel (sur le FMA) des modes armés ou engagés
- Sélection d'un objectif incorrect sur l'APCP (altitude ALT, vitesse IAS, cap HDG, radiale, direction CRS, route, angle de trajectoire de vol FPA, etc.) et absence de confirmation de l'objectif sélectionné par recoupement avec le symbole d'objectif associé sur le PFD et/ou le NAVD
- Insertion d'un point de cheminement (waypoint) erroné sur le FMS
- Armement du mode de navigation latérale avec un waypoint actif (waypoint « TO ») incorrect
- Focalisation sur le FMS pendant une phase de vol critique, entraînant une perte de conscience de la situation
- Connaissance insuffisante des transitions de mode et des réversions de mode (confusion dans les modes, réaction de surprise par rapport aux automatismes)
- Reprise en main à un moment inopportun interférant avec les automatismes
- Méthodes de partage des tâches et/ou CRM inadaptées empêchant le PF de surveiller la trajectoire de vol et la vitesse anémométrique (par exemple, si les deux pilotes sont occupés à gérer les automatismes ou à résoudre une situation imprévue ou une condition anormale)
- Engagement des modes supérieurs alors que l'aéronef a adopté une attitude incorrecte en compensation (trim) ou se trouve en situation de déséquilibre
- Double sélection d'un mode par accident (non-sélection du mode) sans confirmation du FMA
- Mode d'approche non armé
- Axe correct d'approche finale non défini

### 3.5 Résumé des points clés

Pour une utilisation optimale des automatismes, les connaissances suivantes doivent être privilégiées :

- Compréhension de l'intégration des modes supérieurs
- Compréhension de toutes les séquences de transition et de réversion des modes
- Compréhension des interfaces pilote/système, aux fins de :
  - ✓ Communication du pilote vers le système (engagement des modes et sélection des objectifs)
  - ✓ Retour d'information du système vers le pilote (recoupement des données sur les modes et les objectifs)
- Conscience des indications disponibles (modes armés ou engagés, objectifs actifs)
- Vigilance afin d'adapter le niveau d'automatisation à la tâche et/ou aux circonstances ou de revenir en pilotage manuel, si nécessaire
- Respect des règles de conception et d'utilisation, des SOP et des « Règles d'or » pour les pilotes.

# 4 PRINCIPES DE BASE DE L'AUTOMATISATION

## 4.1 Introduction

Aux premières heures de l'aviation, les « Règles d'or »<sup>1</sup> en matière d'utilisation ont été établies. Il s'agit des principes de base définissant le « sens de l'air » (airmanship).

Suite au développement d'aéronefs intégrant des technologies modernes et aux recherches sur les interfaces homme-machine et la coordination de l'équipage, ces Règles d'or ont été élargies pour englober les principes de l'interaction avec les automatismes et de la gestion CRM/TEM. Dans cette brochure, les « Règles d'or » sont appelées « Principes de base » de l'automatisation.

Les Principes de base permettent aux stagiaires d'entretenir leurs compétences fondamentales en termes de sens de l'air à mesure qu'ils évoluent vers des modèles d'aéronefs de plus en plus intégrés et automatisés. Bien qu'ils aient été élaborés pour les stagiaires, les Principes de base s'avèrent également très utiles pour les pilotes expérimentés. Les Principes de base traitent d'aspects considérés comme des facteurs de causalité fréquents dans les incidents et les accidents, par exemple :

- Mauvaise conscience de la situation/position
- Mauvaise interaction avec les automatismes
- Confiance excessive dans les automatismes
- Inefficacité du recoupement des données et du soutien mutuel au sein de l'équipage.

## 4.2 Principes de base d'ordre général

### 4.2.1 Un aéronef automatisé se pilote comme n'importe quel autre aéronef

Pour se conformer à cette règle, chaque stagiaire devrait piloter le simulateur en utilisant simplement le pilote automatique de base (lacet/roulis, tangage et collectif), sans modes supérieurs.

Les modes supérieurs, le système de gestion de vol (FMS) (normal, dégradé) ainsi que les dispositifs de protection de l'AFCS, devraient être introduits progressivement, conformément au programme de formation applicable.

Les exercices pratiques de pilotage manuel démontreront que le pilote en fonction (PF) a toujours pleine autorité et peut en permanence :

- adopter un niveau d'automatisation plus direct ; ou
- revenir en pilotage manuel, afin de contrôler directement la trajectoire de l'aéronef et le réglage de puissance.

### 4.2.2 Piloter, naviguer, communiquer et gérer (en respectant cet ordre)

Le partage des tâches doit être adapté à la situation (partage des tâches en cas de pilotage manuel ou lorsque les modes supérieurs sont engagés, partage des tâches en fonctionnement normal ou en situation anormale/d'urgence, comme défini dans le manuel d'exploitation applicable). De plus, les tâches doivent être réalisées en respectant les priorités suivantes :

---

<sup>1</sup> Les Règles d'or de l'automatisation ont été élaborées par Airbus

• **Piloter :**

Le PF doit se concentrer sur le pilotage de l'aéronef (en contrôlant et/ou en surveillant l'assiette de tangage, l'angle d'inclinaison latérale, la vitesse anémométrique, la puissance, la glissade, le cap, etc.) afin de capturer et de maintenir les objectifs souhaités, la trajectoire de vol verticale et la trajectoire de vol latérale.

Le PM doit aider le PF en surveillant les paramètres de vol et en annonçant tout écart excessif.

• **Naviguer :**

Sélectionner les modes souhaités de navigation verticale et latérale (en choisissant les modes sur l'APCP et/ou la navigation gérée par le FMS) et avoir conscience du relief environnant et de l'altitude minimale de sécurité (MSA – Minimum Safe Altitude).

Cette règle peut être résumée par les trois énoncés suivants définissant la conscience de la situation :

- ✓ Savoir où l'on se situe
- ✓ Savoir où l'on devrait être
- ✓ Savoir où se trouvent le relief et les obstacles

Erreurs courantes associées au FMS	Conséquences possibles	Recommandation
Programmation du FMS par les deux pilotes en même temps dans une phase où la charge de travail est faible (par exemple, en route)	Perte de conscience de la situation	Une personne doit avoir la tête relevée en permanence et assurer la gestion de la trajectoire
Programmation inopportune du FMS durant les phases critiques	Perte de conscience de la situation et dégradation des communications	Anticiper la programmation du FMS et recouper les données du FMS Inclure le FMS aux phases de vol durant lesquelles le poste de pilotage doit être stérile.
Reconfiguration tardive du FMS à proximité du repère d'approche initiale (IAF – Initial Approach Fix) (par exemple, suite à un changement de piste en service)	Atteinte de l'IAF alors que le mode actif de navigation couplé au FMS est inapproprié	Éviter les reconfigurations tardives, revenir à un mode de guidage sélectionné par l'équipage avec utilisation des données brutes
Saisie ou sélection d'un waypoint incorrect dans le FMS	Confusion et CFIT	Confirmer les positions des waypoints utilisateur sur le NAVD et recouper ces données avec des emplacements fixes sur la carte, comme des aéroports et des balises, ainsi qu'avec les données brutes

• **Communiquer :**

Les annonces standard des SOP doivent être élaborées par les exploitants et définies pour permettre à l'équipage du poste de pilotage/l'équipage de cabine de communiquer dans les conditions suivantes :

- ✓ conditions normales (départ et arrivée) ;
- ✓ situations anormales et d'urgence (par exemple, urgence/évacuation au sol, incapacité de l'équipage, atterrissage ou amerrissage forcé, etc.).

Pour communiquer de manière efficace, les membres de l'équipage doivent pouvoir échanger avec le contrôleur et entre eux.



Une communication efficace permet de partager les objectifs et les intentions et d'améliorer la conscience de la situation de l'équipage. Un exposé détaillé de la situation doit être réalisé par l'équipage avant toute approche ou difficulté et doit inclure l'utilisation des automatismes.

L'utilisation des annonces standards des SOP est primordiale pour permettre une utilisation optimale des automatismes (conscience de l'armement ou de l'engagement des modes par l'annonce des changements sur le FMA, des objectifs sélectionnés et des entrées sur le FMS) :

- Les annonces standards doivent immédiatement entraîner la question « quels sont mes objectifs actuels pour le vol ? » ; elles indiqueront donc de manière claire :
  - ✓ l'objectif que le pilote souhaite définir ;
  - ✓ le mode que le pilote souhaite armer ou engager.
- Lorsque l'intention du pilote (PF) est transmise de manière claire à l'autre pilote (PM), l'annonce standard permet également de :
  - ✓ faciliter le recoupement des données du FMA et du PFD/NAVD, le cas échéant ;
  - ✓ faciliter le recoupement des données et favoriser l'entraide entre les deux pilotes.
- **Gérer :**

La gestion de la suite du vol est le prochain point dans l'ordre des priorités. Cela comprend :

- ✓ la trajectoire et la navigation ;
- ✓ les systèmes de bord (par exemple, gestion du carburant, gestion des déroutements, etc.) ;
- ✓ les procédures anormales et/ou d'urgence.

La stratégie en quatre points ci-dessus s'applique parfaitement à la conception des aéronefs « glass cockpit », comme résumé dans le tableau ci-après.

Principes de base	Systèmes d'affichage
Piloter	PFD
Naviguer	NAVD
Communiquer	Systèmes COM/NAV
Gérer	CAS, FMS

#### 4.2.3 Une personne doit avoir la tête relevée en permanence

La gestion du système (comme avec le FMS) est particulièrement chronophage. Les règles de sécurité en vol impliquent un contrôle efficace sur les commandes (perte de contrôle), la navigation (CFIT), la communication et la perception visuelle (évitement des collisions).



Cela nécessite une coordination rigoureuse de l'équipage sur le concept de tête relevée/tête baissée.

Les modifications de plan de vol importantes sur le FMS doivent être appliquées par le PM et recoupées par le PF.

#### 4.2.4 Vérifier la précision du FMS par recoupement avec les données brutes

Dans la zone de couverture des installations d'aide à la navigation, la précision de navigation du FMS doit être vérifiée par recoupement avec les données brutes d'aide à la navigation (à moins que l'aéronef ne soit équipé d'un GPS).

La précision de navigation du FMS peut être vérifiée :

- en saisissant un VOR/DME réglé dans le champ de relèvement/distance de la page correspondante du FMS ;
- en comparant la valeur de distance « DIST TO » du FMS avec la distance DME relevée sur le PFD/NAVD.

Si les critères requis de précision de navigation du FMS ne sont pas respectés, il conviendra de basculer du mode NAV au mode de cap sélectionné en se référant aux données brutes des installations d'aide à la navigation.

#### 4.2.5 Connaître sa direction en permanence

L'APCP, les leviers de commande et le FMS sont les principales interfaces permettant à l'équipage de communiquer avec les systèmes de bord (définition des objectifs et armement/désarmement ou engagement/désengagement des modes).

Les PFD (notamment l'indicateur de mode de vol FMA) et les NAVD sont les principales interfaces permettant à l'aéronef de communiquer avec l'équipage, afin de confirmer que les systèmes de l'aéronef ont correctement accepté les choix de mode et les objectifs saisis par l'équipage.

Le PF et le PM doivent constamment avoir en mémoire :

- les modes armés ou engagés ;
- les objectifs de vol définis ;
- la réaction de l'aéronef en termes d'attitude, de vitesse et de trajectoire ;
- les transitions ou réversions de modes.

#### 4.2.6 Si les choses ne se passent pas comme prévu, reprendre le contrôle de l'appareil

En cas de doute concernant la trajectoire de vol de l'aéronef ou le contrôle de la vitesse, l'équipage ne doit pas tenter de reprogrammer les systèmes automatisés immédiatement au détriment du pilotage de l'aéronef.

L'équipage doit utiliser le mode de guidage sélectionné ou le pilotage manuel en combinaison avec les données brutes des installations d'aide à la navigation, jusqu'à ce que le moment et les conditions soient propices à une reprogrammation de l'APCP ou du FMS.

Si l'aéronef ne suit pas la trajectoire de vol prévue, vérifier l'état d'engagement des modes supérieurs.

Si possible, désengager le mode supérieur incriminé et utiliser le mode correspondant en manuel ou utiliser un mode semblable (par exemple, basculer du mode NAV de départ en mode HDG si l'hélicoptère semble suivre une trajectoire erronée).

Si un doute subsiste ou si la réaction n'est pas appropriée, déconnecter les modes supérieurs à l'aide du ou des boutons poussoirs de déconnexion associés de l'APCP ou du manche cyclique afin de revenir en pilotage manuel (en se référant aux données brutes).

#### **Ne jamais reprendre le contrôle sur les modes supérieurs manuellement.**

S'il est nécessaire de reprendre le contrôle sur les modes supérieurs (évitement ou accélération rapide), déconnecter immédiatement le système concerné en appuyant sur le bouton-poussoir de déconnexion associé. Si possible, réengager partiellement ou entièrement les modes supérieurs dans le respect des procédures ou des SOP CRM et MCC, en fonction de l'utilisation (monopilote ou multipilote).

Si l'aéronef ne suit pas la trajectoire de vol verticale/latérale souhaitée ou les objectifs sélectionnés, et que le moment n'est pas propice à l'analyse et la résolution des problèmes de comportement observés, communiquer et revenir sans délai :

- du guidage FMS au guidage sélectionné ;
- du guidage sélectionné au pilotage manuel.

#### 4.2.7 Utiliser le niveau d'automatisation adapté selon les tâches

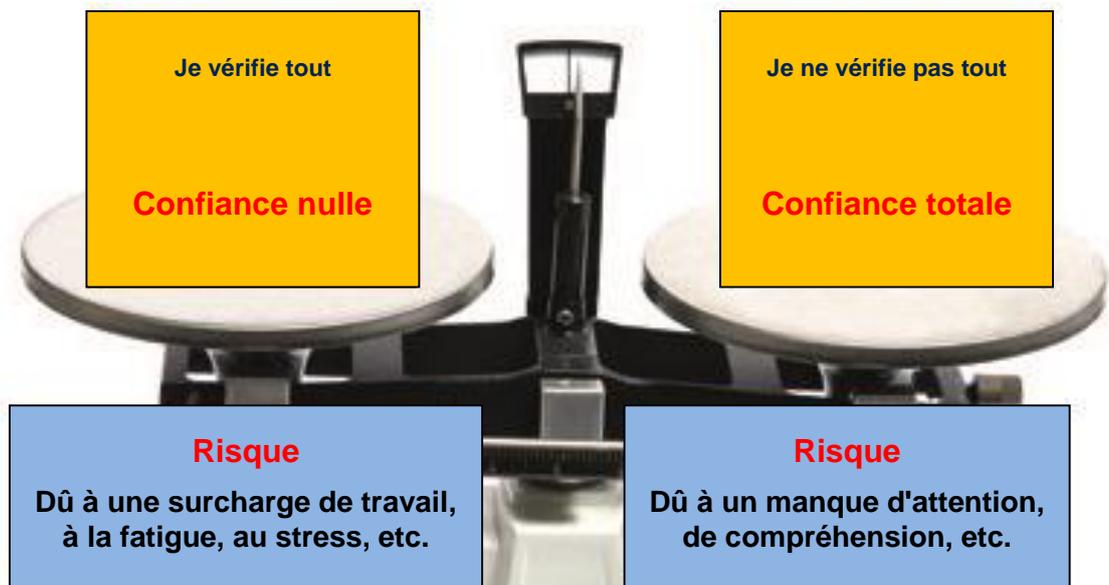
Le niveau d'automatisation approprié est généralement celui avec lequel le pilote se sent le plus à l'aise pour aborder une tâche ou une situation, en fonction de ses connaissances et de son expérience sur l'aéronef et les systèmes.

Selon la situation, le retour en pilotage manuel peut constituer le niveau d'automatisation approprié.

Le PF a toujours pleine autorité et peut en permanence sélectionner le niveau d'automatisation et de guidage le plus adapté pour la tâche. Il pourra notamment :

- Adopter un niveau d'automatisation plus direct, en passant du guidage géré par le FMS au guidage sélectionné (modes et objectifs choisis).
- Sélectionner un mode latéral ou vertical plus adapté.

Revenir en pilotage manuel, afin de contrôler directement les trajectoires verticales et latérales de l'aéronef.



#### 4.2.8 Appliquer le partage des tâches et se soutenir mutuellement

Le partage des tâches, le recoupement efficace des données et le soutien sont des principes à appliquer durant toutes les phases des opérations au sol et en vol, en fonctionnement normal ou en situation anormale/d'urgence.

Les procédures normales, anormales et d'urgence (check-lists normales) doivent être respectées conformément au QRH.

## 4.3 Principes de base en fonctionnement normal

### 4.3.1 Choix des automatismes

Dans le cadre d'un service normal, les modes supérieurs doivent être engagés tout au long du vol, notamment en cas de conditions météorologiques marginales, d'utilisation sur un site inhabituel ou de présence de passagers à bord.

Si le vol se fait dans de bonnes conditions, l'équipage peut choisir de piloter l'aéronef manuellement afin d'entretenir ses compétences.

Dans un aéronef fortement automatisé, il est important de s'assurer que les modes supérieurs ont été configurés et engagés correctement. Les deux membres d'équipage doivent participer aux tâches suivantes :

- Préréglage du paramètre à l'aide de l'APCP.
- Recouplement des données de réglage.
- Engagement ou armement du mode AFCS.
- Vérification que les modes appropriés sont engagés/armés sur le FMA.
- Annonce en cas de passage du mode armé en position engagée ou désarmée.
- Annonce en cas de passage du mode engagé en position désengagée.
- Vérification que la réaction de l'aéronef correspond aux attentes.

Le PM est autorisé à configurer et engager les modes sur demande du PF.

### 4.3.2 Engagement des automatismes

Avant d'engager les modes supérieurs, s'assurer que les modes engagés sont réglés sur les valeurs présélectionnées souhaitées ; dans le cas contraire, sélectionner le ou les modes appropriés.

### 4.3.3 Interface avec les automatismes

Dans l'interface avec les automatismes (armement/sélection des modes et saisie des objectifs de vol), respecter les règles d'usage suivantes (règles dérivées des enseignements tirés de l'analyse des facteurs opérationnels et humains dans le cadre d'événements en fonctionnement) :

- Savoir qui est aux commandes : intervention manuelle du PF **ou** automatismes avec PF prêt à intervenir (surveillance des automatismes par le PF/PM)
- Avant toute action sur l'APCP ou les leviers de commande, vérifier que le bouton ou le bouton-poussoir correspond bien à la fonction souhaitée
- Après chaque action sur l'APCP ou les leviers de commande, vérifier le résultat de l'action sur le FMA et sur le PFD/NAVD
- Énoncer toute modification conformément aux annonces standards définies dans les SOP
- Pendant la descente, s'assurer que l'altitude sélectionnée n'est pas inférieure à la MEA ou à la MSA
- Préparer le FMS à l'arrivée avant d'amorcer la descente ; il est déconseillé de reprogrammer le FMS pendant une phase de vol critique (par exemple, approche finale d'héliport ou site d'intervention médicale d'urgence), excepté pour activer le plan de vol secondaire, si celui-ci est prêt, ou pour sélectionner une nouvelle approche
- En cas de changement d'itinéraire (paramètre « DIR TO », par exemple), recouper les données concernant le nouveau waypoint « TO » avant d'activer le paramètre « DIR TO » (s'assurer que le waypoint actif souhaité n'est pas déjà derrière l'aéronef)
- Avant d'engager le mode NAV, s'assurer que le waypoint actif approprié (waypoint « TO ») s'affiche sur le FMS et le NAVD.

- Avant d'armer le mode APPR, s'assurer que l'ILS a été correctement réglé et identifié et que l'aéronef :
  - ✓ se trouve dans la zone de capture de l'ILS (symboles d'écart LOC et G/S correctement affichés) ;
  - ✓ se situe sur un cap d'interception d'axe de piste (LOC) ;
  - ✓ a reçu l'autorisation d'effectuer une approche.

#### 4.3.4 Supervision des automatismes

La supervision des automatismes consiste à vérifier les affichages et les indications du poste de pilotage afin de s'assurer que la réaction de l'aéronef correspond aux modes sélectionnés et aux objectifs de vol saisis et que l'attitude de l'aéronef, sa vitesse et sa trajectoire répondent aux attentes. Exemple :

- Lors des phases de capture, vérifier l'alignement progressif des symboles d'écart (capture des signaux d'alignement de piste et de descente).

Une surveillance accrue des automatismes au cours des phases de capture (et le recouplement avec les données brutes, le cas échéant) permet de détecter de manière précoce une capture erronée ou la capture d'un faisceau incorrect (par exemple, ILS en mode de maintenance émettant un signal permanent d'alignement sur l'axe de descente).

- Ne pas tenter d'analyser ou de rectifier une anomalie en reprogrammant le FMS tant que la trajectoire de vol et/ou la vitesse anémométrique souhaitées n'ont pas été rétablies.
- En cas de désélection non commandée des modes supérieurs, engager la seconde source de navigation avant de tenter une nouvelle sélection (par exemple, choisir l'ILS 2 si l'ILS 1 a été préalablement sélectionné) afin de réduire la charge de travail du PF ; il est également possible de piloter l'aéronef manuellement jusqu'à ce que la trajectoire de vol correcte de l'aéronef soit maintenue/rétablie et que le moment soit propice à une recherche de panne et une reprogrammation.



À tout moment, si l'appareil ne respecte pas la trajectoire de vol et/ou la vitesse souhaitées, ne pas hésiter à revenir à un niveau d'automatisation plus direct, en procédant comme suit :

- ✓ passer des modes gérés par le FMS aux modes sélectionnés ; ou
- ✓ déconnecter les modes supérieurs ; ou
- ✓ piloter l'aéronef manuellement à l'aide des données brutes ou en vol à vue (en cas de conditions VMC).

#### 4.4 Principes de base propres aux situations anormales et d'urgence

Les principes supplémentaires suivants peuvent aider l'équipage à prendre des décisions en situation anormale ou d'urgence et lorsque les conditions ou circonstances rencontrées ne sont pas abordées dans les procédures publiées.

##### 4.4.1 Comprendre la situation avant d'agir

Les décisions inappropriées sont souvent le fruit d'une reconnaissance et d'une identification erronées de la situation.

##### 4.4.2 Évaluer les risques et les contraintes temporelles

Prendre le temps de se donner du temps :

- en retardant les actions, lorsque cela s'avère possible (par exemple, au décollage et pendant l'approche finale) ; et/ou
- en demandant un circuit d'attente ou des vecteurs de retard (selon les besoins).

##### 4.4.3 Passer en revue et évaluer les options disponibles

Au moment de choisir l'option à privilégier, prendre en compte les conditions météorologiques, la préparation de l'équipage, la proximité du terrain d'aviation et le niveau de confiance personnelle.

Inclure dans cette évaluation tous les membres d'équipage, ainsi que les ATC, si nécessaire (en fonction de la situation).

Évaluer toutes les répercussions possibles avant de prendre une décision et se préparer à toutes les éventualités.



**4.4.4 Adapter la réaction à la situation**

Une situation d'urgence nécessite une action immédiate (sans pour autant agir dans la précipitation), tandis que dans une situation anormale, l'équipage peut disposer d'un certain délai avant de devoir agir.

**4.4.5 Gérer la charge de travail**

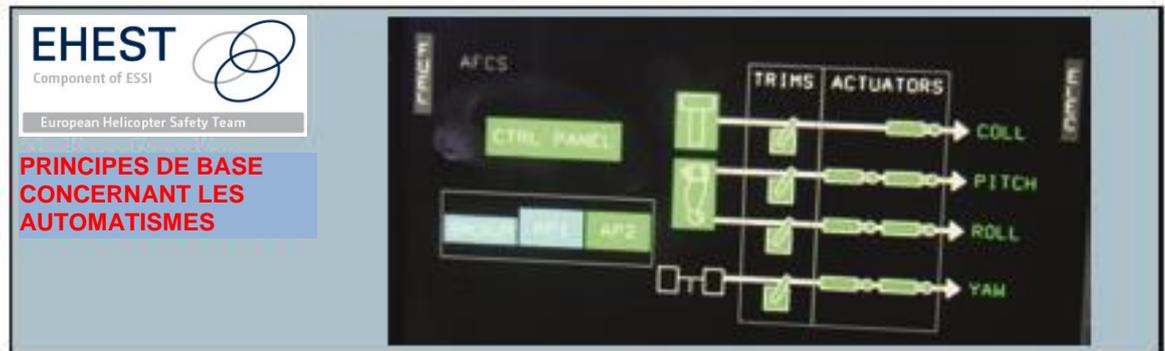
Utiliser le niveau d'automatisation adapté selon la tâche et les circonstances. S'il y a lieu, l'utilisation du guidage sélectionné diminuera sensiblement la charge de travail générée par la situation anormale/d'urgence.

**4.4.6 Appliquer les procédures recommandées et les autres mesures approuvées**

Identifier les raisons et les répercussions de toute mesure avant d'agir et vérifier les conséquences de chaque mesure avant de poursuivre.

Être vigilant concernant les mesures irréversibles (confirmer et recouper systématiquement les données avant d'agir).

Les pilotes doivent se reporter aux politiques d'automatisation du constructeur, aux manuels de vol et aux autres documents de référence comportant des informations propres aux OEM.



 Component of ESSI European Helicopter Safety Team	<p><b>PRINCIPES DE BASE</b></p>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1</li> <li>2</li> <li>3</li> <li>4</li> <li>5</li> <li>6</li> <li>7</li> <li>8</li> </ol>	<p>Les hélicoptères automatisés se pilotent comme n'importe quel autre hélicoptère                      Piloter, naviguer, communiquer, gérer (en respectant cet ordre)                      Une personne doit avoir la tête relevée en permanence                      Vérifier la précision du FMS par recouplement des données                      Avoir en tête les données du FMA en permanence                      Si les choses ne se passent pas comme prévu, reprendre le contrôle de l'appareil                      Utiliser le niveau d'automatisation adapté selon la tâche                      Appliquer le partage des tâches et se soutenir mutuellement</p>

## 5 RÉFÉRENCES

**EASA Safety Information Bulletin (SIB) No. 2010-33R1 Automation Policy - Mode Awareness and Energy State Management, publié le 26 juin 2015.**

**EASA Automation Policy Bridging - Design and Training Principles, mai 2013.**

**Flight Operations Briefing Notes Airbus/Standard Operating Procedures/Optimum Use of Automation, juillet 2006.**

**Flight Operations Briefing Notes Airbus/Standard Operating Procedures/Operating Philosophy, septembre 2006.**

**Flight Operations Briefing Notes Airbus/Standard Operating Procedures/Operations Golden Rules, janvier 2004.**

**Flight Operations Briefing Notes Airbus/Standard Operating Procedures/Standard Calls, mars 2004.**

**ICAO circular 234-AN/142, operational implications of automation in advanced technology flight decks, 1992.**

**EASA Safety Information Bulletin (SIB) No. 2010-33R1 Automation Policy - Mode Awareness and Energy State Management, publié le 26 juin 2015.**

## ANNEXE 1

L'EASA a publié différents bulletins d'informations sur la sécurité (SIB – Safety Information Bulletin) pour les avions ; plusieurs recommandations peuvent être adaptées comme suit :

Les exploitants aériens sont encouragés à fournir une Politique d'automatisation basée sur la culture, la flotte aérienne et le type d'opérations de la société.

La Politique d'automatisation sera intégrée au Manuel d'exploitation, qui contiendra les procédures de vol. L'une de ces procédures sera liée à l'utilisation du pilote automatique et de tous les systèmes d'automatisation associés.

Il est recommandé aux exploitants de préparer leur Politique d'automatisation en collaboration avec les hélicoptéristes. La Politique d'automatisation abordera notamment les thèmes suivants :

- Principes
- Niveaux d'automatisation
- Conscience de la situation
- Communication et coordination
- Vérification
- Surveillance de l'équipage et des systèmes
- Charge de travail et utilisation des systèmes

Les principes seront axés sur la règle « **PILOTER L'AÉRONEF** ». Ces principes seront au coeur de la Politique d'automatisation.

S'assurer que chaque thème abordé dans la Politique d'automatisation est régulièrement rappelé dans les procédures d'exploitation, y compris les procédures d'urgence du manuel de vol, ainsi que dans les programmes de formation, et revoir régulièrement la Politique d'automatisation et les procédures d'exploitation associées afin d'améliorer la sécurité en continu.

## ANNEXE 2

**Remarque à l'attention des lecteurs :** Le scénario décrit ci-dessous est basé sur l'utilisation des automatismes de l'appareil H225. Pour des renseignements plus précis, se reporter au FCOM de l'appareil H225.

Il est impossible d'établir un scénario générique concernant l'utilisation des automatismes, car chaque aéronef possède une conception spécifique, avec ses propres modes supérieurs et dispositifs de protection correspondants. En conséquence, la philosophie générale d'interaction avec les automatismes peut être décrite selon les phases de vol.

Chaque exploitant doit élaborer ses propres SOP concernant les automatismes. Le scénario suivant peut les y aider.

### **Exemple de scénario**

- Décollage d'un terrain d'aviation en CAT A et en classe de performance 1, avec un plafond à 300 pieds, une visibilité de 500 m, un vent 320° pour 10 nœuds, par temps de pluie
- SID : montée dans l'axe de la piste à 3 000 pieds AMSL
- En route jusqu'à la plate-forme offshore
- Atterrissage sur la plate-forme offshore selon l'approche au radar de bord (ARA – Airborne Radar Approach)
- Décollage de la plate-forme offshore
- Retour au terrain d'aviation, guidage radar pour approche ILS

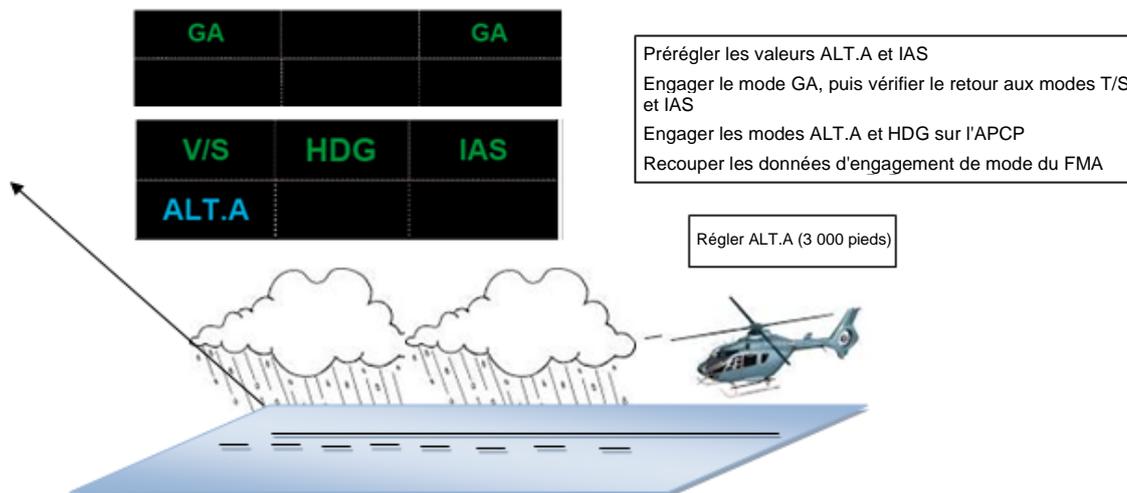
### **Phase de décollage**

Les modes supérieurs à prérégler avant le décollage sont l'IAS et l'acquisition de l'altitude « ALT.A ». Après le décollage et avant d'engager le mode « ALT.A », le réglage doit être vérifié afin de s'assurer qu'aucune modification n'a été apportée à la présélection. Vérifier la cohérence de la valeur ALT.A affichée côté PF et côté PM. Le PF/PM doit surveiller la montée/descente jusqu'à ce que l'aéronef soit stabilisé à l'altitude souhaitée et effectuer les annonces avant d'atteindre l'altitude requise afin de vérifier l'engagement du mode ALT et la réaction de l'aéronef.

Au décollage et lors du départ, quels que soient les préréglages, la priorité d'engagement doit revenir aux modes verticaux et longitudinaux, en engageant le mode GA. Le mode latéral devra ensuite être engagé au moment opportun.

Pour engager les modes latéraux et verticaux après le décollage, la procédure recommandée consiste à utiliser le bouton-poussoir de collectif GA. Il permet un pilotage avec intervention manuelle, en gérant la priorité entre les modes latéraux et verticaux et en évitant les erreurs à la V/S et à l'IAS préréglées.

Phase de vol	Tâches du PF	Tâches du PM
Avant le décollage	Prérégler les valeurs ALT.A et IAS	Vérifier les valeurs réglées
Après franchissement du point de décision au décollage (TDP – Take-off Decision Point)	Engager le mode GA et garder les mains près des commandes (en dessous de 200 pieds), régler le pas collectif requis pour s'assurer d'atteindre la puissance maximale au décollage (MTOF – Maximum Take-Off Power)	Annoncer « GA engaged » (GA engagé) sur l'axe collectif et l'axe tangage Vérifier le retour en mode V/S sur l'axe collectif et en mode IAS sur l'axe tangage
Une fois établi en montée	Confirmer le préréglage ALT.A et appuyer sur ALT.A, puis engager le mode latéral (HDG ou NAV)	Annoncer « ALT.A armed » (ALT.A armé) Annoncer « HDG ou NAV engaged » (HDG ou NAV engagé)



**Vol de croisière**

Vérifier le retour au MODE ALT  
Engager la navigation avec le FMS et vérifier que le mode NAV est engagé sur le FMA  
Recouper les informations du FMS avec les données brutes du système VOR/DME



Le réglage de puissance de croisière standard pour l'appareil H225 est la puissance maximale continue (MCP – Maximum Continuous Power) en pilotage couplé 4 axes. Cela permet au système de contrôler la puissance afin d'empêcher un dépassement de couple (en cas de givre, par exemple).

En présence de turbulences entraînant une activation relativement fréquente du gong de dépassement de couple, réduire l'IAS afin d'éviter toute incursion dans la plage de puissance transitoire, jusqu'à l'atténuation des turbulences.

En vol de croisière, il est également possible de désengager le mode IAS et d'appliquer la puissance souhaitée (si un moteur est en panne, le système revient automatiquement en mode quatre axes).

### **Approche de la plate-forme offshore selon l'ARA**

- Utilisation des modes longitudinaux de l'AFCS

Le vol complet doit être effectué avec l'IAS engagé et géré de préférence par le PF via la commande « beep trim » du cyclique. À une distance de 2 NM, l'IAS doit être de 60 nœuds au minimum et la vitesse sol doit être de 70 nœuds au maximum.

- Utilisation des modes latéraux de l'AFCS

Il est possible de coupler l'aéronef au FMS jusqu'au point d'amorce de décalage (OIP – **Offset Initiation Point**) (1,5 NM), cependant la trajectoire de vol doit être contrôlée à l'aide du radar météorologique et de la NDB (si nécessaire). Si la trajectoire de vol dévie de la trajectoire d'approche finale souhaitée (FAT – Final Approach Track), basculer du mode NAV (FMS) en mode HDG.

- Utilisation des modes verticaux de l'AFCS

L'équipage doit utiliser le mode ALT.A à chaque descente à une hauteur minimale de descente (MDH – Minimum Descent Height) ou une altitude autorisée ou préalablement annoncée, et les deux pilotes doivent vérifier que les réglages corrects ont été effectués en recoupant les données. Si nécessaire, la V/S doit être ajustée à l'aide du trim de collectif afin d'obtenir une descente lisse. (La vitesse verticale n'est pas réglable si le mode CR.HT est engagé.)

La valeur ALT.A doit être réglée sur la MDH ou arrondie à 50 pieds près au-dessus (par exemple, ALT.A réglée à 650 pieds pour une MDA à 620 pieds). Si nécessaire, une fois le mode ALT capturé, l'index ALT peut être ajusté avec la commande « beep » du collectif, de préférence par le PF.

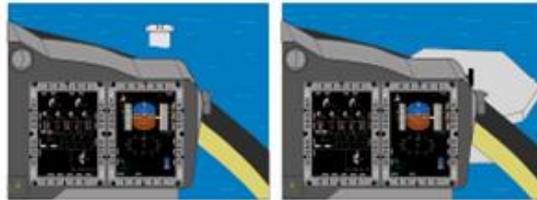
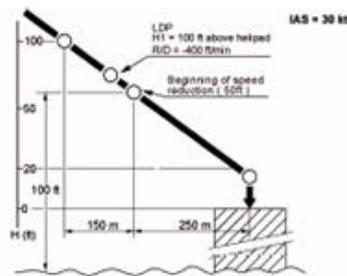
- Utilisation de l'AFCS après avoir atteint le point d'amorce de décalage (OIP), jusqu'au point d'approche interrompue (MAP – Missed Approach Point)

Avant d'atteindre l'OIP, les modes actifs sont les modes ALT, ANAV ou HDG et IAS. Le PM doit engager le mode HDG au plus tard à l'OIP. Il est recommandé de laisser les modes engagés tout en conservant des repères visuels permettant la transition en pilotage manuel pour un atterrissage en toute sécurité.

Sur le FMS, la création d'une discontinuité durant la phase ou d'une route de remplacement peut aider en cas d'approche interrompue.

- Utilisation de l'AFCS pour l'atterrissage

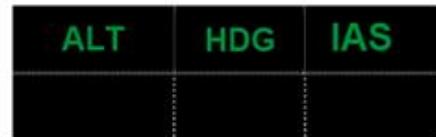
La manœuvre du MAP à l'hélicoptère sera gérée à l'aide des modes supérieurs sur 4 axes, les modes ALT-HDG- IAS étant engagés. Ajuster les modes ALT, HDG et IAS à travers les commandes « beep trim » tout en conservant des repères visuels permettant la transition en pilotage manuel pour un atterrissage en toute sécurité.



Régler la valeur ALT.A sur la MDH, recouper les données d'engagement de mode sur le FMA.

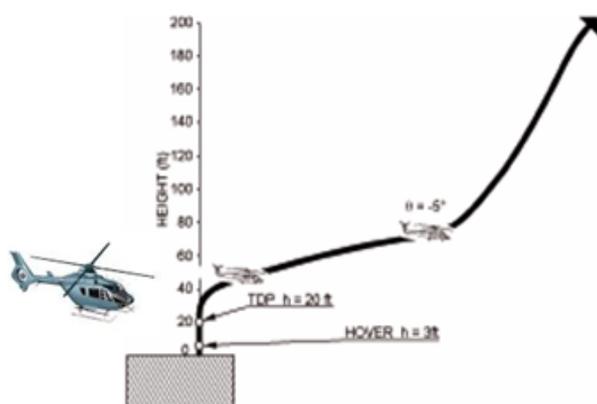
De l'OIP au MAP : recouper les données des modes supérieurs engagés ALT, HDG et IAS.

Du MAP à l'hélicoptère : après avoir acquis des repères visuels, désengager les modes supérieurs (pilotage manuel).

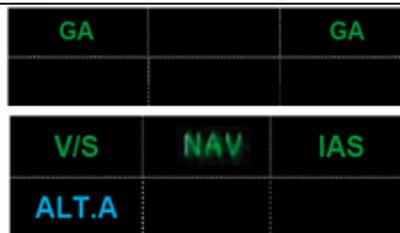


Phase de vol	Tâches du PF	Tâches du PM
Avant l'OIP	Prérégler les valeurs IAS (pas en dessous de 60 nœuds) et ALT.A (MDH) Armer le mode ALT.A	Vérifier les valeurs réglées Annoncer « ALT.A armed » (ALT.A armé) Vérifier le retour au mode ALT Annoncer « ALT engaged » (ALT engagé)
<b>De l'OIP au MAP</b>	Engager le mode HDG	Annoncer « HDG engaged » (HDG engagé)
Du MAP à l'hélicoptère	Après avoir acquis des repères visuels, désengager les modes supérieurs	Annoncer « upper modes disengaged » (modes supérieurs désengagés)

### Décollage d'une plate-forme offshore



Sur l'hélicoptère, régler la valeur ALT.A en vol de croisière et vérifier la navigation avec le FMS  
 Procéder au décollage en pilotage manuel sans mode supérieur  
 Au point de rotation (RP – Rotation Point), le PF adopte un changement de l'assiette en piqué de 15°  
 Après avoir franchi le bord du pont, engager le mode GA  
 Une fois établi en montée, appuyer sur ALT.A et NAV



Au décollage et lors du départ, quels que soient les pré-réglages, la priorité d'engagement doit revenir aux modes verticaux et longitudinaux, en engageant le mode GA. Le mode latéral devra ensuite être engagé au moment opportun.

Pour engager les modes latéraux et verticaux après le décollage, la procédure recommandée consiste à utiliser le bouton-poussoir de collectif GA. Il permet un pilotage avec intervention manuelle, en gérant la priorité entre les modes latéraux et verticaux et en évitant les erreurs à la V/S et à l'IAS pré-réglées.

Phase de vol	Tâches du PF	Tâches du PM
Avant le décollage	Pré-régler les valeurs IAS et ALT.A	Vérifier les valeurs réglées
En vol stationnaire à 5 pieds, extrémités du rotor au bord de l'hélicoptère	Engager le mode GSPD	Annoncer « GSPD engaged » (GSPD engagé)
Décollage (montée verticale entre 400 et 500 pieds par minute)	Au point de rotation (RP) adopter un changement de l'assiette en piqué de 15° ; après avoir franchi le bord du pont, appuyer sur GA et garder les mains près des commandes (en dessous de 200 pieds) pour s'assurer d'atteindre l'assiette en piqué appropriée et la MTOP.	Annoncer « GA engaged » (GA engagé) sur l'axe collectif et l'axe tangage Vérifier le retour en mode V/S sur l'axe collectif et en mode IAS sur l'axe tangage
Établi en montée	Appuyer sur ALT.A et engager le mode latéral (HDG ou ANAV)	Annoncer « ALT.A armed » (ALT.A armé) Annoncer « HDG ou ANAV engaged » (HDG ou ANAV engagé)

### Approche ILS

- Utilisation des modes verticaux de l'AFCS

L'équipage doit utiliser le mode ALT.A à chaque descente à un niveau de vol ou une altitude autorisée(e) ou préalablement annoncée(e), et les deux pilotes doivent vérifier que les réglages corrects ont été effectués en recoupant les données.

L'équipage doit utiliser le mode ALT.A pour gérer la descente à la MSA, puis à l'altitude requise pour intercepter l'ILS. Si nécessaire, une fois le mode ALT capturé, l'index ALT peut être ajusté pour une modification de moins de 300 pieds avec la commande « beep » du collectif, de préférence par le PF.

- Utilisation des modes latéraux de l'AFCS

Les phases d'arrivée, de circuit d'attente, de navigation vers l'IAF et d'approche interrompue doivent être effectuées en couplant le mode NAV à la base de données du FMS.

- Utilisation des modes longitudinaux de l'AFCS

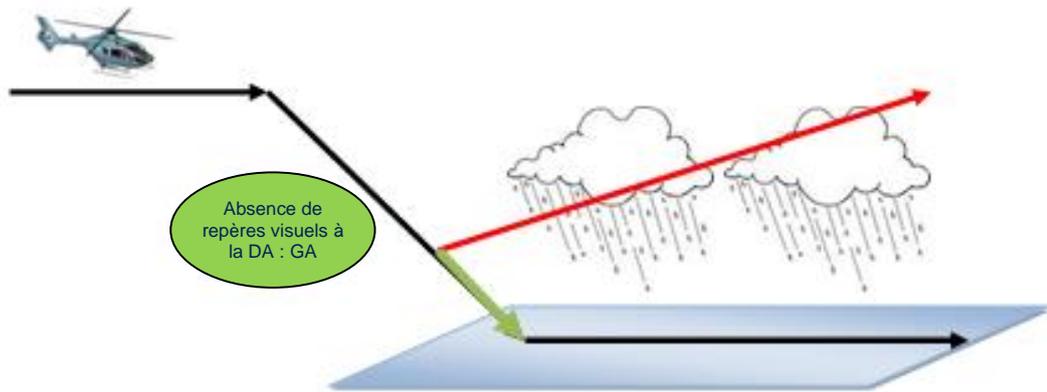
L'IAS doit être engagé pendant toute l'approche. Concernant l'approche finale, en l'absence de demande de la part de l'ATC, l'IAS recommandée est de 100 nœuds dans une approche CAT A et de 90 nœuds dans une approche CAT H.

- Utilisation de l'AFCS après avoir atteint l'altitude de décision (DA – Decision Altitude) pour un atterrissage direct

Lorsque la DA est atteinte, les modes actifs sont les modes GS, LOC et IAS. L'aéronef est généralement près du sol et les références visuelles sont confirmées. Néanmoins, le paramètre applicable étant la portée visuelle de piste (RVR – Runway Visual Range), un environnement visuel dégradé (DVE – Degraded Visual Environment) est possible, avec un faible niveau de conscience de la situation associé. En conséquence, il est recommandé de laisser les modes engagés en réduisant l'IAS à environ 40 nœuds à 100 pieds via la commande « beep trim » du cyclique, tout en conservant des repères visuels permettant la transition en pilotage manuel pour un atterrissage en toute sécurité.

Dans un environnement visuel très dégradé (fortes pluies, nuit, etc.), piloter en modes GS, LOC et IAS jusqu'à l'approche des 80 pieds. À une altitude (dépendant de la vitesse verticale) supérieure à 80 pieds, le mode ALT s'engage automatiquement pour permettre un vol horizontal à 80 pieds au-dessus du niveau du sol. Piloter en modes ALT, LOC et IAS ; le mode ALT peut être géré jusqu'à 30 pieds au-dessus du niveau du sol (réglage ALT minimal), à l'aide de la commande « beep trim » du collectif. Il est également possible d'engager le mode GPSD afin de gérer l'acquisition automatique du vol stationnaire.

Phase de vol	Tâches du PF	Tâches du PM
Avant l'IAF	Appuyer sur ALT.A pour obtenir l'autorisation de l'ATC et engager le mode ALT A Surveiller le mode NAV couplé au FMS	Annoncer « ALT.A armed » (ALT.A armé) et retour au mode ALT Annoncer « ALT engaged » (ALT engagé) Surveiller le mode NAV couplé au FMS
Entre l'IAF et la DA	ILS couplé, vérifier que les modes LOC et G/S sont armés puis engagés	Annoncer « LOC and G/S armed » (LOC et G/S armés) Annoncer « LOC engaged » (LOC engagé) Annoncer « G/S engaged » (LOC engagé)
Après la DA	Si l'environnement visuel est mauvais, vérifier le retour au mode ALT Régler les valeurs ALT et IAS en conséquence Au seuil de piste, engager le mode GPSD	Annoncer « ALT engaged » (ALT engagé) Annoncer « GPSD engaged » (GPSD engagé)



VIS	NAV	IAS
ALT.A		
ALT	HDG	IAS
	LOC#	
ALT	LOC#	IAS
G/S#		
G/S#	LOC#	IAS

En l'absence de repères visuels à la DA, suivre la procédure de remise des gaz

GA		GA

VIS	NAV	IAS
ALT.A		

S'il y a peu de repères visuels à la DA, poursuivre la manœuvre

ALT	LOC#	IAS

ALT	GSPD	GSPD

## ANNEXE 3

Exemple de panneau de commande de l'AFCS :



Le FMA est affiché dans la partie supérieure des FND côté pilote et copilote :

	Axe collectif	Axe lacet/roulis	Axe tangage
Modes engagés ou capturés	XXX	XXX	XXX
Modes armés	XXX	XXX	XXX





# NOTE DE L'ÉDITEUR

## Limitation de responsabilité :

Les avis exprimés dans la présente brochure relèvent de la responsabilité exclusive de l'EHEST. Toutes les informations fournies sont uniquement de nature générale et n'ont pas pour but d'évoquer des circonstances spécifiques se rapportant à une entité ou un individu particulier. Cette brochure a pour seul objectif de servir de guide sans affecter d'une quelconque manière la portée de dispositions législatives et réglementaires adoptées officiellement, y compris des moyens acceptables de mise en conformité et des documents d'orientation. Elle ne constitue pas et ne doit en aucune manière être considérée comme une garantie, une représentation, un engagement, une obligation contractuelle ou toute autre forme d'accord liant légalement l'EHEST, ses membres ou les organisations qui lui sont affiliées. L'adoption de ces recommandations relève d'un engagement volontaire et n'engage que la responsabilité de ceux qui approuvent ces actions.

En conséquence, l'EHEST et ses membres ou les organisations qui lui sont affiliées n'offrent aucune garantie expresse ou implicite et déclinent toute responsabilité quant à l'exactitude, l'exhaustivité ou l'utilité des informations ou recommandations contenues dans la présente brochure. Dans les limites autorisées par la loi, l'EHEST et ses membres ou les organisations qui lui sont affiliées ne pourront en aucun cas être tenus pour responsables des dommages éventuels ou autres réclamations ou demandes résultant de, ou associées à l'utilisation, la reproduction ou l'affichage de la présente brochure.

## Crédits photo et illustrations :

Photo de couverture : Airbus Helicopters.

Photos et illustrations du document : Airbus Helicopters, AugustaWestland, EASA.

## Contact pour toute demande :

European Helicopter Safety Team

E-mail : [ehest@easa.europa.eu](mailto:ehest@easa.europa.eu), [www.easa.europa.eu/essi/ehest](http://www.easa.europa.eu/essi/ehest)

## Téléchargement des brochures de l'EHEST :

Brochure de formation HE 1 de l'EHEST – Safety considerations (Considérations de sécurité)  
<http://easa.europa.eu/HE1>

Brochure de formation HE 2 de l'EHEST – Helicopter airmanship (Sens de l'air hélicoptère)  
<http://easa.europa.eu/HE2>

Brochure de formation HE 3 de l'EHEST – Off airfield landing site operations  
<http://easa.europa.eu/HE3>

Brochure de formation HE 4 de l'EHEST – Decision making (Prise de décision)  
<http://easa.europa.eu/HE4>

Brochure de formation HE 5 de l'EHEST – Risk Management in Training (Gestion du risque lors de la formation)  
<http://easa.europa.eu/HE5>

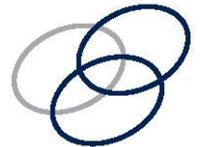
Brochure de formation HE 6 de l'EHEST – Advantages of simulators in Helicopter Flight Training (Avantages des Simulateurs (FSTD) pour la formation au pilotage d'hélicoptères)  
<http://easa.europa.eu/HE6>

Brochure de formation HE 7 de l'EHEST – Techniques for Helicopter Operations in Hilly and Mountainous Terrain (Techniques de vol en hélicoptère en région accidentée ou montagneuse)  
<http://easa.europa.eu/HE7>

Brochure de formation HE 8 de l'EHEST – The Principles of Threat and Error Management (TEM) for Helicopter Pilots, Instructors and Training Organisations (Principes de la gestion des menaces et erreurs (Threat and Error Management (TEM)) pour les pilotes, instructeurs et organisations assurant la formation sur hélicoptère)  
<https://easa.europa.eu/HE8>

# EHEST

Component of ESSI



European Helicopter Safety Team

Septembre 2015

## EUROPEAN HELICOPTER SAFETY TEAM (EHEST)

Composante de l'ESSI

### European Aviation Safety Agency (EASA)

Strategy & Safety Management Directorate  
Ottoplatz 1, 50679 Köln, Allemagne

**E-mail** [ehest@easa.europa.eu](mailto:ehest@easa.europa.eu)

**Site Web** [www.easa.europa.eu/essi/ehest](http://www.easa.europa.eu/essi/ehest)

