

**Instructions pour l'installation d'équipements scientifiques
embarqués dans les avions SAFIRE
(F20, ATR42, Piper Aztec)**

Ce document est une première version des consignes qu'il convient de respecter dans la conception d'instruments devant être montés sur les avions de Safire, et en particulier sur l'ATR42 et le Falcon 20.

Ce document explicite le contexte réglementaire et énonce les principes généraux à respecter ainsi que les références plus précises à prendre en compte.

D'ores et déjà, ce document manque d'informations techniques plus complètes et les nombreuses questions qui sont adressées à SAFIRE le montrent. Aussi, il sera établi une annexe détaillant certains aspects déjà identifiés et elle sera enrichie au fur et à mesure des collaborations avec les laboratoires et des échanges avec l'autorité aéronautique.

SAFIRE s'engage à faire évoluer ce document, et en tant qu'Unité Mixte de Services, à être toujours à l'écoute et disponible, pour répondre au mieux aux attentes des scientifiques et des techniciens impliqués dans les développements d'instruments aéroportés.

**Le Directeur de SAFIRE
Marc Pontaud**

Instructions pour l'installation d'équipements scientifiques embarqués dans les avions SAFIRE (F20, ATR42, Piper Aztec)

SOMMAIRE

1. PREAMBULE REGLEMENTAIRE.....	2
1.1. CONCEPTION	2
1.2. PRODUCTION	3
1.3. INSTALLATION ET REMISE EN SERVICE	3
1.4. ENGAGEMENT MUTUEL.....	3
2. TENUE STRUCTURALE	3
2.1. TENUE AUX CHARGES STATIQUES	3
2.2. SONDAS EXTERIEURES	4
2.3. AVIONS PRESSURISES (ATR42 & F20)	4
2.4. TENUE STRUCTURALE DES RAILS	4
2.5. BAIE SAFIRE	5
2.6. NOTICE DE MONTAGE	5
3. MASSE	5
4. MATERIAUX.....	5
4.1. METAUX	5
4.2. NON METALLIQUES.....	5
4.3. VISSERIE.....	6
5. EQUIPEMENTS DANGEREUX.....	6
5.1. AMENAGEMENT CABINE	6
5.2. CIRCUIT D'AIR	6
5.3. LASER.....	6
5.4. GAZ	7
5.5. RECIPIENTS SOUS PRESSION	7
5.6. TEMPERATURES ELEVEES	7
6. ELECTRICITE	7
6.1. CABLES ET CONNECTEURS	7
6.2. PROTECTIONS.....	8
6.3. INTERRUPTEURS	8
6.4. HAUTES TENSION.....	8
6.5. COMPATIBILITE ELECTROMAGNETIQUE.....	8
7. PROCESSUS DE CONCEPTION ET D'INSTALLATION	8
7.1. CONCEPTION.....	8
7.2. INSTALLATION	8
7.3. MODIFICATION DES AVIONS.....	9
7.4. VOLS DE CONTROLE & ESSAIS	9

Contactez nous dès que possible pour plus d'informations & renseignements.

Ingénieur aéronautique :
Aurélien Bourdon
aurelien.bourdon@safire.fr
Tel 05 34 57 23 05
Fax 05 34 57 23 00

Responsable instrumentation :
Thierry Perrin
thierry.perrin@safire.fr
Tel 05 34 57 23 10
Fax 05 34 57 23 00

Directeur adjoint :
André Gribkoff
andre.gribkoff@safire.fr
Tel 01 45 07 53 55
Fax 01 45 07 51 40

Cette note a pour but de rappeler les règles et procédures à respecter dans le cadre de la conception d'équipements scientifiques en vue de leur installation à bord des avions de SAFIRE.

La décision d'autoriser ou non l'installation de matériel est prise par SAFIRE sous réserve d'autorisation des autorités compétentes.

1. PREAMBULE REGLEMENTAIRE

En aéronautique tout ajout ou modification d'un élément doit être approuvé par l'autorité aéronautique selon un référentiel réglementaire précis. Les avions de SAFIRE relèvent pour les bases de conception de la CS23 ou CS25, et prochainement de la JAR145 avec mécanicien JAR66 pour l'installation, la maintenance et la remise en service. La plupart des instruments scientifiques ne respectent pas totalement ces réglementations et il est impossible au vu de leurs spécificités de justifier de toutes ces qualifications propres à l'aéronautique.

SAFIRE a ainsi obtenu de l'EASA (European Aviation Safety Agency) que ses avions soit placés sous tutelle aéronautique nationale (DGAC : Direction Générale de l'Aviation Civile) et classé en CDN-S (Certificat De Navigabilité Spécial). Les règles de navigabilité liées au classement CDN-S sont édictées par la DGAC dans un document intitulé CRI (Certification Review Items) et concernent la conception, la production, l'installation et la remise en service.

Dans son principe, les CRI des avions de SAFIRE stipulent que tout ce qui relève de l'avion doit être conforme à la réglementation en vigueur. Pour tout ce qui relève de l'instrumentation scientifique, les CRI stipulent les règles et responsabilités particulières.

1.1. CONCEPTION

En conception, le CRI stipule pour la partie scientifique que toute modification doit être proposée par un postulant titulaire d'un DOA (Design Approval Organisation – *organisme approuvé de conception*) ou équivalent.

SAFIRE est ainsi autorisé à soumettre une modification à la certification par son agrément européen EASA AP-DOA n°188 et en endosse la responsabilité.

Cet agrément n°188 fixe les règles, devoirs et responsabilités qui s'imposent à SAFIRE :

- ✓ SAFIRE est habilité à concevoir les modifications classées mineures et aussi majeures de groupe 2, mais non de groupe 1
- ✓ SAFIRE doit présenter les dossiers de modification à l'EASA ou à la DGAC.
- ✓ Les modifications de SAFIRE ne peuvent être mise en œuvre que sur les avions de sa flotte.
- ✓ Préalablement à toute modification, les sous traitants de SAFIRE s'engagent à prévenir SAFIRE de toute modification dans la conception d'éléments entrant en compte dans une modification conçue par SAFIRE. Selon la nature du changement proposé, SAFIRE accepte ou rejette la modification.

Les niveaux de modification mineures et majeures de groupe 2 permettent à SAFIRE de concevoir et soumettre la plupart des modifications instrumentales concernant l'intérieur de la cabine et l'équipement des emports déjà certifiés en provision. Pour des modifications qui dépasse ce niveau, il faudra faire appel à un titulaire d'un DOA autorisant la conception de modification majeure de groupe 1. A tout moment, l'autorité peut remettre en cause le classement en modification majeure de groupe 2, proposé par SAFIRE.

Même si la conception est initiée et portée par un laboratoire autre que SAFIRE, SAFIRE doit se la réapproprier en terme réglementaire et donc en terme technique pour pouvoir proposer cette modification pour certification. En corollaire, le laboratoire devient, en termes de réglementation aéronautique, un sous-traitant de SAFIRE. En pratique, un représentant de SAFIRE devra être associé au projet dès la phase de démarrage.

Toute conception doit satisfaire a minima à l'annexe 8 de l'OACI (Organisation de l'Aviation Civile Internationale) et autres exigences, dont les déclinaisons précises font l'objet de la suite de ce document.

1.2. PRODUCTION

Il n'est pas demandé d'agrément aéronautique de production pour réaliser les instruments scientifiques, sauf exigence particulière.

Conformément au CRI, SAFIRE doit s'assurer des points suivants :

- ✓ Lorsqu'un élément scientifique est acheté sur catalogue, SAFIRE vérifie que le produit est conforme à la notice technique fournie par le vendeur et atteste la conformité aux exigences de conception.
- ✓ Lorsqu'un élément scientifique est réalisé ou modifié sur commande, SAFIRE fournit et fait signer au prestataire un engagement de respect des spécifications définies par SAFIRE pour répondre aux exigences de conception. Lors de la réception de ce produit, SAFIRE vérifie la conformité aux spécifications et l'atteste.

SAFIRE doit attester que toute production est conforme aux exigences de conception, et en pratique, au dossier de conception certifié. SAFIRE endosse sur le plan de la production, la responsabilité de la conformité des instruments scientifiques montés à bord de ses avions aux exigences de conception.

Ainsi SAFIRE demande aux directeurs d'établissement, aux directeurs de laboratoire, aux chefs de projets techniques de déclarer leurs instruments conformes au dossier de description préalablement remis à SAFIRE.

1.3. INSTALLATION ET REMISE EN SERVICE

Le CRI statue la possibilité d'avoir, tant pour l'installation que pour la remise en service, une procédure « normale » pour la partie avion conforme à la réglementation aéronautique et une procédure adaptée, spécifique à SAFIRE, pour la partie scientifique.

Pour la procédure adaptée, spécifique à SAFIRE, le CRI renvoie le détail des opérations d'installation et de remise en service des instruments scientifiques à une annexe spécifique au Programme de Maintenance de chaque aéronef, déposé et approuvé par le GSAC (Groupement pour la Sécurité de l'Aviation Civile).

Dans ces annexes, le Directeur de SAFIRE nomme les agents de SAFIRE autorisés à intervenir sur l'avion et les tâches qu'ils sont autorisés à exécuter.

SAFIRE endosse la responsabilité de l'installation des instruments scientifiques à bord des avions et l'approbation pour remise en service.

1.4. ENGAGEMENT MUTUEL

Chaque laboratoire, organisme, chercheur, ingénieur qui envisage le développement ou la modification d'un instrument devant être embarqué sur un avion de SAFIRE doit prendre en compte les contraintes réglementaires que la DGAC a fixées à SAFIRE.

Dans ce cadre réglementaire, SAFIRE fera de son mieux pour aider, conseiller, soutenir toute personne dont le développement ou la modification d'un instrument aura été accepté par SAFIRE.

2. TENUE STRUCTURALE

Tous les équipements qui sont installés dans les 3 avions de la flotte de SAFIRE répondent à des critères de tenue structurale. La sécurité des personnes en cabine ainsi que le maintien de la navigabilité de l'avion en dépend.

2.1. TENUE AUX CHARGES STATIQUES

Les critères de référence sont les critères donnés par la réglementation aéronautique à laquelle appartiennent les avions selon le classement de la DGAC.

Accélération devant pouvoir être supportées par tous les matériels embarqués en cabine, par rapport à l'axe longitudinal de l'avion :

Direction	Haut	Bas	Avant	Arrière	Latérales
Valeur (g)	6.5	6	9	1.5	3

Il est nécessaire de prendre les cas les plus dimensionnant pour chaque direction.

Il faut de plus intégrer un coefficient de sécurité de 1.33 en plus pour toutes les structures démontables (une structure reprise sur les rails avions par exemple). Ainsi, le futur utilisateur doit pouvoir justifier le plus souvent par calcul la tenue structurale de ses équipements. Le calcul porte sur la tenue des vis de fixation aux interfaces élément/avion, mais aussi à la justification structurale des bâtis des éléments. Un coefficient de sécurité final supérieur à 1.5 par rapport à la limite à la rupture du matériau est nécessaire. L'utilisateur doit fournir à SAFIRE un dossier de justification structurale suivant le type d'équipement. Ces dossiers sont utilisés par SAFIRE lors du processus de certification avec les autorités compétentes.

Certains équipements peuvent nécessiter une justification en vibrations (résonance avec les hélices sur l'ATR par exemple).

2.2. SONDES EXTERIEURES

Tous les équipements dépassant de la peau de l'avion doivent être conçus pour supporter à la fois les forces aérodynamiques (trainée) ainsi que les charges statiques (voir tableau 2.1.).

Avion	ATR	F20
Vitesses de calcul des forces aérodynamiques (m/s)	160	240

Il faut de plus envisager la possible formation de givre et les conséquences qui en découlent, comme la modification du profil aérodynamique et d'écoulement d'air en aval (risque de projection de glace), l'augmentation de la trainée et la modification du centrage et/ou du caractère symétrique des contraintes.

2.3. AVIONS PRESSURISES (ATR42 & F20)

Il est nécessaire de vérifier la tenue aux charges de pressurisation lors de la conception d'équipements qui ont à subir ces charges (cas d'une plaque instrumentée sur la peau de l'avion comme celle d'un radiomètre par exemple).

Différentiels de pression minimaux devant pouvoir être supportés :

Avion	ATR 42	Falcon 20
ΔP (PSI)	13	17

Rappel : 1 PSI = 0.0689 bar

2.4. TENUE STRUCTURALE DES RAILS

La totalité des équipements installés en cabine est fixée sur les rails avions (rails constructeur, auxquels les sièges sont notamment fixés). Ceux-ci ont une gamme d'utilisation à respecter en termes de masse et d'efforts subis.

Masse maximale linéaire admissible par paire de rail :

Avion	ATR 42	Falcon 20
M (kg/m)	232	210

Efforts max. admissibles en tout point d'un rail :

Avion	ATR 42	Falcon 20
F avant (N)	12080	17280
F latérale (N)	6190	5760
F haut (N)	14600	15600

2.5. BAIE SAFIRE

SAFIRE a défini des baies pour intégrer les nouveaux équipements. Ces baies ont été conçues spécifiquement pour chaque avion. Elles permettent l'emport de matériel de format 19 pouces rackables.

Masse maximale admissible par baie (centre de gravité à mi-hauteur) & hauteur :

Avion	ATR 42	Falcon 20
M utile (kg)	120	97.5
Hauteur disponible (U)	29	16

2.6. NOTICE DE MONTAGE

Une notice de montage & de démontage de l'équipement est nécessaire si celui-ci n'est pas installé dans une baie SAFIRE. On s'intéresse seulement à son installation mécanique dans l'avion.

3. MASSE

L'utilisateur doit concevoir les équipements les plus légers possibles, car la masse est une des préoccupations majeures lors de l'installation d'équipements dans un avion. On peut donc imaginer réduire la masse de certains éléments structuraux si les calculs de tenue de structure montrent des coefficients de sécurité très importants.

Il est nécessaire de pouvoir déterminer correctement la masse de chaque équipement, sans oublier les câbles, supports de fixations et autres petits matériels. La répartition des masses (centrage de l'avion) est importante pour déterminer la faisabilité d'un aménagement souhaité. Une pesée de chaque équipement est réalisée avant chaque montage dans un des avions.

4. MATERIAUX

4.1. METAUX

Le matériau le plus utilisé en aéronautique pour la structure des équipements est l'aluminium, car la masse volumique de celui-ci est 3 fois plus faible que celle de l'acier. Les nuances recommandées sont le 2017 (dural) et le 2024 (dural spécifique aéronautique), elles garantissent une bonne résistance aux contraintes pour une faible masse. L'acier peut également être choisi pour ses caractéristiques mécaniques. Les autres matériaux ne sont généralement pas adaptés aux sollicitations d'une pièce structurale.

Pour les assemblages de pièces structurales, il est recommandé d'utiliser des ensembles vissés ou rivetés (plus facile à justifier). En cas de soudure (pièces trop compliquées à visser), il est important de prendre en compte la qualité de la soudure pour la tenue structurale (un certificat de conformité peut être demandé).

4.2. NON METALLIQUES

L'utilisation de matériaux non métalliques est néanmoins acceptée pour les applications autres que structurales. Il faut s'assurer que ces matériaux soient ininflammables et qu'ils ne dégagent pas de fumées toxiques. C'est principalement les composants électriques, câblage ainsi que les tuyaux entre les équipements qui doivent respecter ces principes. Des petits matériels comme les serre câbles, claviers, souris, etc. peuvent être acceptés sous conditions (très faible quantité).

Liste non exhaustive des matériaux non acceptés à bord :

- Polyvinyle Chlorite (PVC)
- Polyéthylène (PE)
- Polyester
- Nylon

- Polypropylène
- Polyuréthane

Liste non exhaustive des matériaux admissibles à bord :

- Teflon (PTFE, TFE, PFA, FEP)
- Silicone
- Caoutchouc (NR isoprène)
- Hypalon
- Néoprène

Pour utiliser des matériaux ne figurant pas dans cette liste, l'utilisateur devra montrer que ceux-ci respectent les normes de flammabilité et de dégagement de fumées toxiques en vigueur.

4.3. VISSERIE

La visserie utilisée pour les assemblages structuraux ainsi que les interfaces équipements/avion doit être de qualité aéronautique (standard NAS, AN ou MS). Les taraudages doivent être adaptés à ces vis. Des inserts peuvent être nécessaires pour améliorer la tenue de l'assemblage. Chaque vis doit être correctement dimensionnée pour répondre aux critères de tenue structurale. La qualité des vis n'est pas à négliger pour les masses importantes. Attention, les délais d'obtention de certaines vis aéronautiques peuvent être importants. Un freinage de la visserie est à prévoir (Nylstop, goupilles, fil à freiner, etc.)

5. EQUIPEMENTS DANGEREUX

Tout matériel potentiellement dangereux doit être signalé à SAFIRE. L'utilisateur doit mettre en place des mesures de contrôle limitant à la fois la dangerosité et l'occurrence des risques encourus. Voici quelques recommandations pour certains équipements pouvant être dangereux (liste non exhaustive).

5.1. AMENAGEMENT CABINE

Aucun équipement installé ne doit présenter de parties saillantes comportant des angles vifs susceptibles de blesser les personnes à bord. Il ne doit pas y avoir d'objets de masse conséquente non immobilisés dans la cabine. Il faut tenir compte de l'encombrement en cabine de l'équipement ainsi qu'à d'éventuels besoins d'accès aux instruments. Les équipements fragiles ou ne devant pas être touchés doivent être protégés.

5.2. CIRCUIT D'AIR

Les fuites dans les circuits d'air sont à proscrire, que cela soit au niveau des circuits entrants, sortants ou à l'intérieur des équipements scientifiques. Une attention particulière est donnée au niveau des raccords et joints. Les risques les plus importants sont la dépressurisation de la cabine, des gaz sous pression en circuit ouvert ou encore la libération de gaz nocifs en cabine.

De plus, les tuyaux et tubes utilisés doivent être conçus pour résister à au moins 2 fois la pression maximale de service du circuit. Enfin, pour les prises d'air de grand diamètre ($> \frac{1}{2}$ ") la présence d'électrovannes ou de vannes manuelles doivent permettre d'isoler à tout moment la cabine de l'extérieur en cas de problème sur la ligne de prélèvement ou d'évacuation de l'air. Au repos, c'est-à-dire sans alimentation électrique, les électrovannes doivent être en position d'isolation du circuit par rapport à l'extérieur, en position fermée.

5.3. LASER

L'utilisation de source laser nécessite la prise en compte des risques oculaires. Il est obligatoire que la probabilité de voir en cabine le faisceau laser soit nulle. Cela est possible avec une protection mécanique

(utilisation de gaines, etc.) ainsi qu'un asservissement de l'alimentation laser. Il faut de plus déterminer la distance minimale à respecter si le faisceau pénètre dans l'œil (cas du badaud qui regarde l'avion avec un lidar tirant vers le sol). Des protections oculaires adaptées à la source (lunettes adaptées en longueur d'onde) doivent être prévus en cas de maintenance du laser au sol.

5.4. GAZ

La présence de gaz (en bouteille, tampons, ou générés par les instruments) doit être signalée à SAFIRE. Il faut démontrer que ce gaz n'est pas inflammable, toxique pour les personnes en cabine ou/et corrosif pour la structure avion. L'utilisateur doit mettre en place les moyens pour minimiser la dangerosité et l'occurrence des risques éventuels. Le volume de gaz utilisé pour le fonctionnement de l'appareil doit être minimalisé pour la durée d'un vol. L'utilisateur doit fournir un système de contrôle de la concentration des gaz créés ou utilisés dans l'instrument si ceux-ci sont définis comme inflammables et/ou toxiques. La concentration de gaz toxique détectable en cabine doit absolument être inférieure au taux de dangerosité.

5.5. RECIPIENTS SOUS PRESSION

Les bouteilles de gaz sous pression doivent répondre aux critères suivants :

- Chaque bouteille sous pression est fabriquée et certifiée comme étant sans danger avant utilisation (testée par le constructeur à 1.5 fois la pression de service maximale).
- Les épreuves de bouteilles doivent avoir été réalisées moins de cinq ans avant les vols pour être montées dans l'avion.

A cela s'ajoute des précautions d'utilisation, comme par exemple la vérification du manomètre avant chaque vol.

5.6. TEMPERATURES ELEVEES

Dans le cas de températures supérieures à 50°C, une protection appropriée est nécessaire, à la fois pour le personnel en cabine (brûlures) et pour diminuer les risques de départ de feu. Des gaines isolantes (en matériaux agréés), un contrôle de la température ainsi qu'un moyen immédiat de stopper la source chauffante doivent être installés par l'utilisateur.

6. ELECTRICITE

Il est toujours préférable lors de la conception des appareils de prévoir une alimentation en 28V qui est la génération de base de l'avion.

6.1. CABLES ET CONNECTEURS

Tous les câbles de puissance utilisés doivent respecter les normes aéronautiques. Le dimensionnement de chaque câble doit être déterminé en fonction de la puissance qu'il achemine et de la taille des contacts des connecteurs concernés, tout en se réservant une sécurité en surestimant les caractéristiques du courant utilisé. La norme AIR 7822 est à respecter (disponible sur demande à SAFIRE) pour déterminer la gauge du câble à utiliser.

Le tableau suivant donne un aperçu du dimensionnement à respecter.

Dimension gauge (AWG)	16	18	20	22
Intensité max. admissible (A)	22	16	11	7

Les gaines choisies sont tressées et auto-extinguibles UL94V2, sans halogènes, respectant ainsi les normes aéronautiques. Il en est de même pour les connecteurs utilisés, chacun d'entre eux étant adapté à l'utilisation qui en est faite, à la fois en termes de puissance et d'intensité. Les connecteurs utilisés respecteront les normes

ASNE0052, ASNE0053 ou MS. Il est nécessaire de contacter SAFIRE pour les connecteurs à utiliser pour l'alimentation électrique de l'installation.

6.2. PROTECTIONS

Chaque ligne d'alimentation doit être protégée par un fusible ou un breaker aux normes aéronautiques correctement dimensionné.

6.3. INTERRUPTEURS

Il est important de pouvoir rapidement mettre hors tension un équipement. En cas de problème, c'est en effet la première action à effectuer. Il est donc indispensable d'équiper d'interrupteurs chaque ligne d'alimentation. C'est aussi un moyen d'isoler un équipement ne fonctionnant pas du reste de l'expérimentation qui peut alors fonctionner indépendamment.

6.4. HAUTES TENSION

Certains appareils génèrent de la haute tension (>1.5kV). Il est important de rendre non accessible et de blinder ces alimentations en utilisation normale pour éviter une électrisation des personnes à bord ou des câbles non blindés passant à proximité.

6.5. COMPATIBILITE ELECTROMAGNETIQUE

Il faut réduire au maximum les interférences électromagnétiques (EMI) produites par l'équipement à installer. Il peut engendrer des effets sur l'avionique qui peuvent empêcher l'avion de voler. Un blindage des câbles permet de diminuer les rayonnements des équipements. De plus, il peut y avoir des effets sur les autres instruments scientifiques. Enfin, les rayonnements EMI environnants peuvent avoir un effet sur l'appareil lui-même. Si celui-ci est sensible aux EMI, il faut le protéger le plus possible. Un contrôle EMI au sol et en vol est effectué après la première intégration de l'équipement dans l'avion.

7. PROCESSUS DE CONCEPTION ET D'INSTALLATION

7.1. CONCEPTION

Dans le cadre d'une conception ou de modification d'un équipement, l'utilisateur doit tenir compte des informations données dans ce document. Il doit également contacter SAFIRE pour que le processus de conception et de fabrication de ses équipements soit optimisé.

Toutes les informations de conception (plans mécaniques et électriques, masses, consommations, etc.) doivent être fournies à SAFIRE au minimum 6 mois avant l'installation dans l'avion. SAFIRE devant présenter chaque modification des avions (l'installation d'un nouvel équipement est une modification) aux autorités compétentes, si ce délai n'est pas respecté cela peut entraîner un retard ou une annulation du projet.

7.2. INSTALLATION

Une revue avant installation est effectuée par SAFIRE pour finaliser les équipements. Une pesée est effectuée avant la montée dans l'avion pour vérifier les valeurs précédemment fournies. Les nouveaux équipements doivent au minimum être fournis 1 mois avant le premier vol.

7.3. MODIFICATION DES AVIONS

Il est fortement conseillé d'utiliser les modifications des avions déjà existantes pour installer de nouveaux équipements. En effet, modifier à nouveau une partie de l'avion est une solution à la fois très coûteuse en temps et en argent. Le futur utilisateur devra prendre à son compte la totalité des frais occasionnés. Il faut donc prendre contact avec SAFIRE le plus tôt possible pour tout renseignement.

7.4. VOLS DE CONTROLE & ESSAIS

Un ou plusieurs vols de contrôle peuvent être nécessaires lors de l'installation d'un nouvel équipement. Un vol de contrôle de non perturbation électromagnétique est généralement nécessaire. Dans le cas d'installation de sondes extérieures, des vols d'essais peuvent être à prévoir, augmentant le délai d'installation et les frais occasionnés.