

CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIÈRES

Marché n° 2637F0035

**Mise à disposition d'un Service
Radar pour les Assurances
Météorologiques de Météo-France
aux Grands Évènements Sportifs
Internationaux**

Table des matières

Cahier des clauses techniques particulières.....	3
1. Présentation.....	3
1.1. Contexte.....	3
1.2. Nature et étendue des besoins à satisfaire.....	3
2. Exigences fonctionnelles et techniques.....	4
2.1. Caractéristiques techniques attendues.....	4
2.2. Choix du site d'installation du radar.....	5
2.3. Installation / Désinstallation, Mise en Opérationnelle.....	5
2.4. Transmission des données.....	6
2.5. Maintien en Condition Opérationnelle (MCO).....	6
2.6. Suite logicielle d'exploitation des images radar et interface web de visualisation.....	7
3. Période de test, d'évaluation et de recette technique.....	9
4. Formation.....	10

1. Présentation

1.1. Contexte

Météo-France apporte son expertise météorologique dans le domaine du sport international de haut niveau depuis de nombreuses années. Il s'agit plus particulièrement d'une compétence et d'un savoir-faire concernant la couverture météorologique à très court terme (prévisions immédiates) de compétitions de tennis voire d'autres sports ou de championnat multi-sports.

La particularité de cette nature de prévision dite « immédiate » participe au renom de l'établissement depuis des années et s'appuie sur un matériel notamment des radars mobiles et des logiciels spécifiques déployés lors de ces compétitions.

Jusqu'à présent, l'ensemble de ce service radar était géré en interne mais pour des raisons de stratégie de l'établissement, il a été décidé de sous-traiter ce service auprès d'un acteur expert, reconnu de la communauté radar internationale.

Le besoin de fourniture d'un service radar doit couvrir deux événements internationaux de tennis qui se déroulent chaque année au cours des mois de mai/juin et juillet, l'un en France proche de Paris et le second en Angleterre au sud de Londres. Ces événements sportifs sont des événements mondialement connus, tant en raison de la qualité des compétiteurs qui y participent que de celle de leur organisation.

Le titulaire doit ainsi avoir parfaitement conscience :

- du respect impératif des délais de mise en œuvre et d'exécution de la prestation,
- des exigences sur le plan de la qualité et du résultat des prestations confiées,
- du respect de la confidentialité la plus stricte, et
- de l'important préjudice commercial et d'image qu'entraînerait un manquement quelconque au respect par le Prestataire de ces exigences, compte tenu notamment de l'exceptionnelle notoriété de ces tournois et de l'importance que revêt une prestation météorologique fiable dans le cadre de la préparation des courts de compétition, de la programmation et du déroulement des matchs de ces tournois.

1.2. Nature et étendue des besoins à satisfaire

Le présent marché a pour objet la fourniture d'un service radar complet, incluant la mise à disposition de l'ensemble des équipements, moyens matériels, logiciels, logistiques et humains nécessaires à la réalisation des prestations, comprenant :

- la mise à disposition d'un radar de haute résolution,
- la recherche du site d'implantation à proximité du lieu de la compétition permettant de fournir un service radar de haute qualité,
- son installation la semaine précédant les compétitions ainsi que son démontage post compétition,
- la mise en opérationnel,
- le traitement des images respectant les meilleurs standards actuels,
- la mise à disposition des images sur une solution logicielle d'exploitation à destination des experts prévisionnistes de Météo-France mais également sur une plateforme web à destination des clients de Météo-France,
- le Maintien en Condition Opérationnelle (MCO) pendant toute la période de la compétition pour laquelle le soutien météorologique est réalisé avec un haut niveau de service,
- une période de test, d'appropriation et de recette de la solution proposée incluant la formation des équipes de prévisionnistes de Météo-France en amont.

2. Exigences fonctionnelles et techniques

2.1. Caractéristiques techniques attendues

Le radar mis en œuvre doit permettre de détecter en temps réel l'intensité des précipitations à très haute résolution et à très haute fréquence avec l'objectif de détecter les plus petites pluies possibles dans un rayon de 30 km autour des deux sites de compétition.

Le radar doit satisfaire – à minima – les spécifications techniques suivantes :

- ✓ Radar bande X
- ✓ Émetteur à état solide
- ✓ Doppler

Le doppler du système radar est capable de traiter des vitesses de vent radial comprises entre -40 et +40m/s, sans ambiguïté, jusqu'à une portée de 100km. Si non, le titulaire fournit la meilleure vitesse sans ambiguïté à 100 km.

- ✓ Double polarisation
- ✓ Erreur sur la précision de positionnement de l'antenne en mouvement inférieur à 0,1° en azimut et en élévation.
- ✓ Mode exploration : portée instrumentée minimale de 100km,
- ✓ Résolution spatiale minimale de 100m,
- ✓ Fréquence de production / cadence de transmission : 1 image par minute au moins
- ✓ Haute sensibilité avec comme exigence de répondre à minima, pour un système sans compression d'impulsion, aux valeurs suivantes :
 - Niveau de réflectivité au bruit (Noise Equivalent Reflectivity – NEZ) de : -10dBZ à 1km, 22dBZ à 40km, 30dBZ à 100km

Dans un rayon de 40km autour du radar, le système doit toujours être capable de mesurer les précipitations d'au moins 17 dBZ, avec une vitesse sans ambiguïté entre -40 et + 40 m/s, sans zone aveugle. La démonstration de cette exigence est demandée et doit être illustrée avec une étude de cas météorologique.

- ✓ Fonctions avancées de correction de l'atténuation

- ✓ Le filtrage Doppler des échos fixes doit répondre aux performances suivantes :
 - atténuation des échos fixes : supérieure ou égale à 30 dB
 - atténuation des échos de pluie : inférieure ou égale à 1 dB

Le titulaire décrira les traitements appliqués aux données brutes produites par le radar (traitement des artefacts (pixels isolés, interférences) qui doivent respecter les meilleurs standards du marché,

Le titulaire fournira également les spécifications techniques détaillées du radar proposé.

Les spécifications détaillées ci-dessus sont considérées comme des exigences impératives.

2.2. Choix du site d'installation du radar

Les sites de déploiement du radar permettant de couvrir les deux événements internationaux de tennis seront à la discrétion du titulaire.

Le titulaire prendra le plus grand soin dans la sélection de ce site d'installation en veillant à respecter les objectifs suivants :

- produire une image avec la meilleure visibilité sur l'intégralité de la portée instrumentale et ce sur 360 degrés. Les zones blanches, les masques, et autres perturbations électromagnétiques devront être limités au maximum et ne devront pas dépasser 10 % de la couverture radar. Il est totalement exclu que les deux sites de compétition soient situés dans une zone de perturbation électromagnétique.
- être en capacité de détecter les plus petites pluies possibles dans un rayon minimal de 30km autour des deux sites de compétition.
- privilégier un emplacement en amont du flux dominant d'un point de vue climatologique pour ces deux localisations – les quart ouest et sud-ouest seront à considérer en premier lieu.

Compte tenu de la criticité de la prestation rendue par Météo-France à ses clients, le titulaire doit avoir conscience que le choix du site d'installation est primordial dans la qualité du service rendu.

Le titulaire décrira les modalités et procédures de sélection du site et de déploiement qu'il compte mettre en œuvre. Il fournira par ailleurs un rapport détaillant les caractéristiques des sites sélectionnés comprenant, sans être exhaustif, les masques, échos fixes et les risques d'interférences.

Le titulaire s'assurera d'obtenir les autorisations d'émettre auprès des autorités de fréquence compétentes des deux pays et en tiendra informé Météo-France.

2.3. Installation / Désinstallation, Mise en Opérationnelle

Le titulaire devra respecter les périodes opérationnelles de mise en œuvre telles que décrites ci-dessous :

Pour le tournoi en France :

- Période : généralement les deux dernières semaines du mois de mai ainsi que la première semaine du mois de juin de chaque année – week-end et jours fériés inclus. Les dates exactes seront connues et communiquées au titulaire en octobre de l'année n-1. En cas de modification des dates du tournoi, le délai de prévenance est réputé suffisant pour ne pas entraîner de surcoût.
- Plage horaire demandée de fourniture du service radar : 07h à 22h. Une extension au-delà de 22h pourra être nécessaire afin de couvrir les sessions de soirée, le nombre d'heures effectivement réalisées sera comptabilisé en fin de tournoi et les heures supplémentaires rémunérées sur la base des prix prévus à l'annexe financière.
- L'installation et la mise à disposition des images doivent être réalisées 5 jours ouvrés avant la date de début de tournoi afin d'avoir suffisamment de temps pour effectuer des tests et s'assurer que l'ensemble du dispositif est opérationnel pour le 1^{er} jour des compétitions.
- La désinstallation pourra être réalisée à l'issue de la dernière finale du tournoi.

Pour le tournoi en Angleterre :

- Période : généralement les deux premières semaines du mois de juillet de chaque année – week-end et jours fériés inclus. Les dates exactes seront connues et communiquées au titulaire en octobre de l'année n-1. En cas de modification des dates du tournoi, le délai de prévenance est réputé suffisant pour ne pas entraîner de surcoût.
- Plage horaire demandée de fourniture du service radar : 07h à 22h. Une extension au-delà de 22h pourra être nécessaire afin de couvrir les sessions de soirée, le nombre d'heures effectivement réalisées sera comptabilisé en fin de tournoi et les heures supplémentaires rémunérées sur la base des prix prévus à l'annexe financière.
- L'installation et la mise à disposition des données doivent être réalisées 5 jours ouvrés avant la date de début de tournoi afin d'avoir suffisamment de temps pour effectuer des tests et s'assurer que l'ensemble du dispositif est opérationnel pour le 1^{er} jour des compétitions.
- La désinstallation pourra être réalisée à l'issue de la dernière finale du tournoi.

2.4. Transmission des données

Le radar doit être équipé d'un système de transmission des images fiable et robuste respectant une

mise à disposition dans l'outil d'exploitation du prévisionniste ainsi que sur la plateforme web destinée aux clients de Météo-France à la fréquence minute au moins.

Le format de l'image et les modalités de son transfert sont à la discrétion du titulaire.

Le taux de disponibilité est le pourcentage de fichiers reçus à T0 + 30s, le T0 marquant la fin du cycle d'exploration et le début du suivant.

Ce taux de disponibilité est fixé à 99 % par journée opérationnelle (cf. périodes définies dans l'article 2.3).

2.5. Maintien en Condition Opérationnelle (MCO)

Une prestation de Maintien en Condition Opérationnelle (MCO) est demandée au titulaire pendant toute la durée des deux tournois de tennis. Les périodes opérationnelles sont définies à l'article 2.3. La semaine d'installation est exclue du présent dispositif.

Cette prestation a pour objet d'assurer le bon fonctionnement du système radar, de la chaîne de transmission, des outils d'exploitation des prévisionnistes ainsi que de la plateforme web de visualisation des images mise à disposition des clients de Météo-France.

En cas de dysfonctionnement affectant tout ou partie du système (radar, transmission, disponibilité des images, outils d'exploitation, plateforme web), le titulaire s'engage à respecter les engagements de service suivants :

* GTI (Garantie de Temps d'Intervention) :

Le titulaire accuse réception de l'incident et engage les actions correctives dans un délai maximal de quinze (15) minutes à compter de sa notification par Météo-France.

* GTR (Garantie de Temps de Rétablissement) :

Pour toute anomalie bloquante ou majeure (cf. définitions ci-dessous) survenant pendant les périodes opérationnelles définies à l'article 2.3, le titulaire s'engage à rétablir, dans un délai maximal d'une (1) heure à compter de la notification de l'incident, un service permettant :

- la production des images radar ;
- leur mise à disposition sur les outils d'exploitation des prévisionnistes ;
- leur diffusion sur la plateforme web destinée aux clients.

Ce rétablissement peut être assuré en mode dégradé, sous réserve que ces fonctionnalités essentielles soient disponibles.

La correction définitive de l'anomalie peut intervenir dans un délai ultérieur, sous réserve que la continuité de service soit assurée.

En cas de non-respect de ces engagements, les pénalités prévues à l'article 22.1 du CCAP s'appliquent.

Les anomalies sont définies comme suit :

- Anomalie bloquante : toute anomalie rendant impossible l'utilisation d'une ou plusieurs fonctionnalités essentielles du système. Sont notamment considérées comme bloquantes :
 - l'indisponibilité des images radar sur les outils d'exploitation des prévisionnistes ou sur la plateforme web (cf. article 2.4) ;
 - l'impossibilité d'utiliser les fonctionnalités de prévision immédiate de la suite logicielle fournie par le titulaire.

- Anomalie majeure : toute anomalie n'étant pas bloquante mais entraînant un fonctionnement dégradé du système ou portant atteinte de manière significative à la qualité de service ou à l'image de Météo-France. Sont notamment considérées comme majeures :
 - le non-respect du pas de temps de production des images radar ;
 - l'indisponibilité des données archivées.

La notification des incidents est réalisée par téléphone, confirmée par e-mail, permettant de tracer l'heure de début de l'incident. Les délais sont calculés à compter de cette notification.

Le titulaire informe Météo-France de l'état d'avancement de la résolution de l'incident toutes les quinze (15) minutes en cas d'anomalie bloquante.

Le titulaire précisera les moyens organisationnels et techniques mis en place pour assurer la continuité de service, notamment :

- les dispositifs de support et d'astreinte (organisation RH ad hoc) ;
- les moyens de communication ;
- la disponibilité de pièces ou équipements de rechange.

Le titulaire garantit la joignabilité de ses équipes pendant les périodes opérationnelles définies à l'article 2.3.

2.6. Suite logicielle d'exploitation des images radar et interface web de visualisation

Le titulaire devra mettre à disposition des équipes de prévisionnistes de Météo-France, une suite logicielle professionnelle complète permettant d'exploiter les données brutes produites par le radar sur une interface de visualisation moderne et interactive. En toute hypothèse l'outil ne pourra être installé sur les serveurs internes de Météo France.

* Fonctionnalités de traitement et de génération de produits radar

La suite logicielle doit disposer, à minima, des fonctionnalités suivantes :

Traitement des mesures radar brutes :

- conversion des données de réflectivité, vitesse Doppler et polarimétrique en produits dérivés pertinents
- génération de produits quantitatifs des précipitations (intensité instantanée, cumul sur des pas temporels configurables),
- classification des types d'hydrométéores (pluie, grêle, mixte, etc.) à partir des variables polarimétriques.

Produits radar avancés :

- représentations 2D et 3D du volume scanné,
- profil vertical de réflectivité et autres produits verticaux,
- indicateurs liés à la structure des systèmes convectifs,

Formats standards et interopérabilité :

- import/export des formats usuels de la communauté radar (ODIM HDF5, NetCDF, GRIB2, etc.).

* Visualisation et exploration interactives

Le logiciel doit offrir une visualisation en temps réel et en mode archive avec les capacités suivantes :

- rafraîchissement automatique des images et des produits radar en temps réel,
- recherche et navigation dans l'historique des données avec des contrôles de profondeur temporelle et de pas de temps,
- affichage multi-vues et synchronisées de plusieurs produits (ex. réflectivité, composantes Doppler, paramètres polarimétriques),
- outils interactifs de zoom, panoramique et interrogation des pixels/points pour obtenir des valeurs exactes,
- possibilités avancées de couche et superposition de données (radar, limites géographiques, etc.).

*** Cartographie et contexte géographique**

La suite devra intégrer des fonctions cartographiques riches :

- plusieurs fonds cartographiques (satellite, street map, relief),
- possibilité de géoréférencer les produits radar et de superposer les données sur ces fonds,
- sélection et annotation de zones d'intérêt,
- export des cartes et images pour rapports et présentations (aux formats images habituels jpeg, png, etc.).

*** Suivi et prévision immédiate (nowcasting)**

Le logiciel doit intégrer des outils avancés pour le suivi des précipitations et la prévision immédiate :

- calculs d'advection des champs radar (horizontalement) par méthodes manuelles et automatiques. Le titulaire décrira ces deux méthodes et notamment s'il fait appel à des modules d'intelligence artificielle.
- représentation de trajectoires en superposition des images pour aider à l'anticipation des cellules pluvieuses.

*** Interface web et distributions**

- une interface desktop ou web sécurisée dédiée pour les prévisionnistes,
- une interface web sécurisée à destination des clients de Météo-France permettant l'accès aux produits radar et aux visualisations depuis un navigateur, avec différents niveaux de droit d'accès,

Si la suite logicielle doit être installée sur les postes informatiques des équipes de Météo-France, le titulaire précisera les spécifications techniques requises afin de s'assurer de la compatibilité fonctionnelle. Dans l'éventualité où Météo-France ne peut répondre positivement aux spécifications techniques demandées, le titulaire mettra à disposition le poste informatique sur lequel le logiciel d'exploitation doit être utilisé.

*** Support opérationnel et maintenance applicative**

Le titulaire devra préciser :

- le support technique dédié aux équipes de Météo-France pendant les deux tournois de tennis,
- sa capacité à pouvoir répondre aux éventuelles demandes d'évolution par Météo-France
- la documentation complète et des guides d'utilisation.

3. Période de test, d'évaluation et de recette technique

Afin de s'assurer de l'adéquation complète de la solution proposée avec les besoins opérationnels de Météo-France, le titulaire devra prévoir une période de test, d'évaluation et de recette préalable, réalisée intégralement à distance, avant le déploiement opérationnel pour les deux compétitions.

* Mise à disposition d'un radar de test

Le titulaire devra mettre à disposition de Météo-France un radar de même nature et de mêmes caractéristiques techniques que celui proposé pour la couverture des tournois de tennis, configuré selon les spécifications techniques détaillées dans ce présent cahier des charges.

La localisation du radar de test est libre (France ou étranger) et n'est pas contrainte par la zone géographique des compétitions, sous réserve que :

- les conditions d'observation permettent l'analyse de précipitations réelles,
- l'ensemble de la chaîne radar (acquisition, traitement, diffusion, exploitation logicielle) soit représentative du service final proposé.

* Durée et modalités de la phase de test

La phase de test devra avoir une durée minimale de 5 jours ouvrés et sera organisée en Octobre ou Novembre 2026 (les dates exactes seront discutées et fixées avec le titulaire), durant laquelle Météo-France pourra accéder en continu :

- aux données radar brutes,
- aux produits radar traités,
- à la suite logicielle d'exploitation et de visualisation,
- aux fonctionnalités de suivi et de prévision immédiate.

L'ensemble des accès sera réalisé à distance, via des connexions sécurisées mises en place par le titulaire.

* Objectifs et périmètre des tests

Cette période de test devra permettre à Météo-France d'évaluer notamment :

- les réglages et configurations du radar (sensibilité, résolutions spatiale et temporelle, modes de scan),
- la qualité et la stabilité des produits radar générés,
- la performance des traitements de contrôle qualité,
- les fonctionnalités de visualisation et d'exploitation logicielle,
- les capacités de suivi fin des précipitations et de prévision immédiate (advection, outils manuels ou automatisés, etc.),
- la robustesse de la chaîne de diffusion des données et la disponibilité du service.

* Accompagnement et support pendant la phase de test

Le titulaire devra assurer un accompagnement technique dédié pendant toute la durée de la phase de test, incluant :

- un support pour la prise en main de la solution,
- des échanges techniques permettant d'ajuster les paramètres et configurations si nécessaire,
- la mise à disposition de la documentation technique et fonctionnelle associée.

* Recette et validation

À l'issue de la période de test, une phase de recette fonctionnelle sera organisée par Météo-France, sur la base de critères définis conjointement, portant sur :

- la conformité de la solution aux exigences du cahier des charges,
- la capacité du système à répondre aux besoins opérationnels liés à la gestion d'événements sportifs sensibles aux précipitations.

La validation de cette recette conditionnera le passage à la phase de déploiement opérationnel lors des compétitions.

4. Formation

Le titulaire formera au printemps 2027, les prévisionnistes impliqués lors des deux tournois de tennis, sur le système mis en œuvre incluant :

- Description du système radar et ses caractéristiques,
- Introduction aux fonctionnalités clés du logiciel d'exploitation,
- Description des algorithmes de traitement appliqués
- Description des algorithmes de prévision immédiate
- Ateliers sur les produits et modules avancés (classification, exploration volumique, advection, IA),
- Exercices pratiques (temps réel et archive),

Le titulaire considérera la formation d'une équipe de 10 prévisionnistes qui pourra avoir lieu à distance ou sur site selon l'hypothèse retenue

Une documentation technique sera fournie par le titulaire sous forme numérique. Elle sera en français, à défaut en anglais. Cette documentation doit être spécifique à la solution mise en œuvre.