

AU TEMPS PASSÉ...

LA MÉTÉOROLOGIE RADAR à l'observatoire de Magny les Hameaux et les débuts du projet Aramis*

Les premiers pas

Des recherches sur l'utilisation du radar pour l'observation des précipitations ont été conduites dès les années 1950. Les précipitations constituaient en effet une gêne considérable pour la détection des avions. C'est cette particularité qui a, dès les débuts du radar, favorisé la recherche sur les hydrométéores. À Trappes puis à l'Observatoire de Magny-les-Hameaux, qui fut fondé le 18 avril 1952, Roger Lhermitte** avait déjà, dans les années 1950, réalisé des travaux reconnus internationalement sur l'observation de la microphysique des nuages par radar. Il avait à cette époque conçu des méthodes originales pour étudier les variations de phase du signal, en prenant comme référence des échos fixes. C'est en 1960 qu'il part aux États Unis, pour y trouver des conditions de travail plus valorisantes, des financements plus souples et un environnement humain plus favorable. Ce départ a été largement suscité par David Atlas, un autre pionnier de la météorologie radar, qui souhaitait renforcer son équipe. Atlas raconte (Wakimoto, M. et R.Srivastava, 2003) que le 2 décembre 1957 ils réalisèrent les premières mesures par la méthode du VAD (Velocity-Azimuth Display), quand Roger Lhermitte brancha un amplificateur audio sur la sortie Doppler du radar de Magny les Hameaux. Ils purent alors entendre et enregistrer sur bande magnétique le décalage Doppler, dont le son devenait plus aigu quand l'orientation de l'antenne se rapprochait de celle du vent. Roger Lhermitte devait ensuite passer par différents laboratoires de recherche américains : Air Force Cambridge Research Laboratory (AFCRL) à Boston, Sperry Rand à New York, Wave Propagation Laboratory (WPL) à Boulder, National Severe Storms Laboratory (NSSL) à Norman, pour s'installer plus durablement au début de la décennie 70 à l'université de Miami.

Roger Lhermitte maîtrisait aussi bien la technique de l'instrument que la théorie du signal, tout en ayant une connaissance approfondie de la physique de l'atmosphère. Son dynamisme lui a ainsi permis de rester pendant plus de trente ans constamment à la pointe dans son domaine, comme en attestent ses très nombreuses publications. Parmi ses réalisations postérieures à son départ pour les États-Unis, citons notamment la mesure du vent par la méthode dite du VAD avec un radar Doppler, la mise au point de la méthode Pulse Pair pour extraire les vitesses Doppler, l'utilisation simultanée de plusieurs radars Doppler pour décrire les champs de vent dans les précipitations, la première publication sur le radar Doppler aéroporté, et maintes études sur les orages convectifs et la physique des nuages. Roger Lhermitte a longtemps été à

peu près seul à maîtriser deux techniques alors essentielles pour l'obtention de données Doppler, celle de l'oscillateur cohérent (Coho) et celle du traitement du signal par « Pulse pair », ce qui lui a permis de garder un temps d'avance sur ses collègues.

Les radars opérationnels

La Direction de la Météorologie nationale (DMN) s'est équipée très tôt de radars de détection de précipitations dans un but opérationnel. Dès les années 60, des radars en bande X de type Decca 41 étaient installés sur les principaux aéroports, y compris outre-mer (Beau, 2012). A cette époque, après le départ de Roger Lhermitte, la DMN ne disposait plus de chercheurs en météorologie radar, et les choix techniques étaient dictés par le Centre Technique du Matériel (CTM) de Trappes. La société Omera, qui avait repris des licences de la société britannique Decca pour commercialiser le RP 41, était le fournisseur unique de la DMN. Ces radars, achetés et installés en grand nombre, s'avèrent de peu d'utilité, en raison du choix d'une longueur d'onde de 3,2 cm (bande X) sujette à de fortes atténuations par les précipitations que les techniques d'alors ne permettaient pas de corriger, d'une largeur de faisceau sur la verticale de 4° trop élevée, et de difficultés d'utilisation opérationnelle. Le choix de la bande X fut reconduit lors de l'équipement d'un certain nombre d'aéroports outre-mer par des radars ORP 330. Le CTM qui disposait d'une équipe technique importante, puisqu'elle s'occupait également des radars de poursuite de ballons utilisés dans les stations de radiosondage pour la mesure du vent en altitude, se lança ensuite, à la fin des années 60, dans l'acquisition auprès de la société Omera de trois radars panoramiques en bande S (longueur d'onde 10,7 cm) dotés d'antennes de 4 mètres de diamètre, les radars Melodi, dont le premier exemplaire fut livré à Trappes en 1970. Ces radars n'étaient pas numérisés, ce qui était très nouveau à l'époque, mais disposaient d'une mécanique solide et projetaient un faisceau d'une largeur de 1,8°, plus fin que celui des modèles précédents. Le projet était alors de monter trois stations radar situées à Dammartin en Goëlle, à Brest et à Bordeaux, dotées chacune d'une équipe d'exploitation en service permanent. Le radar de Dammartin fut ainsi équipé d'une transmission fac simile vers les stations météorologiques de Roissy, Paris, Le Bourget et Orly. Un système capable de reproduire le scope radar sans intervention humaine avait été installé pour la transmis-

Antenne radar Ronsard de Magny-les-Hameaux en 1978.



Crédit photo : Météo-France

sion vers Roissy. Une carte des échos radar était réalisée manuellement pour Le Bourget et Paris, et un message radar décrivant les échos était diffusé plus largement.

Assez rapidement des tentatives furent faites pour utiliser le Melodi comme capteur hydrologique. En coopération avec le CRPE et des organismes d'hydrologie, Gérard Froment travailla ce sujet à Magny les Hameaux dans le courant des années 70, dans le cadre du projet Hydromel, dont le rapport final (Froment, 1979) restait assez peu conclusif.

La numérisation des radars Melodi

Au début des années 1970, le CRPE (Centre de recherches sur la physique de l'environnement), qui dépendait du Centre national des télécommunications (Cnet) et était situé à Issy les Moulineaux, obtint des crédits de recherche pour développer le système Ronsard de deux radars Doppler mobiles afin d'étudier la dynamique des nuages selon la méthode du Coplan utilisée aux Etats-Unis par Roger Lhermitte. Ce projet fut mené par Philippe Waldteufel, sous la supervision de Michel Petit, et en coopération avec l'EERM qui me mit à disposition du projet, après deux années de détachement dans l'équipe de Roger Lhermitte, de 1973 à 1975. Le premier radar Ronsard fut installé à Magny les Hameaux en 1976 pour une première campagne en vue d'observer les fronts. Cette expérience tomba malheureusement pendant la sécheresse historique de l'été 1976 et produisit donc très peu de données. Le système Ronsard fut employé de manière couplée pour la première fois en juin-juillet 1977 dans le cadre d'une deuxième campagne sur les fronts, dans laquelle étaient impliqués le CRPE, l'EERM et l'IOPG (Institut et observatoire de physique du globe du Puy de Dôme) du Professeur Guy Soulage. D'autres expériences suivirent, en région parisienne en 1977, dans les Landes, en Suisse en 1978 pour le projet Grossversuch qui visait à vérifier la méthode soviétique de lutte contre la grêle, en Afrique sur les lignes grains associées à la mousson,...

L'équipe radar de Magny les Hameaux consacra beaucoup de travail au dépouillement des données des Ronsard, avec le renfort de stagiaires élèves de l'Ecole de la météorologie, d'appelés du contingent et le soutien de Claude Pastre qui dirigeait alors le « Groupe de Météorologie Prospective » de l'EERM. Un premier dépouillement des bandes magnétiques était fait à l'Observatoire à l'aide du mini-calculateur Hewlett Packard HP2100, dont Albert Schaeffer gardait férocement l'accès. Les calculs plus conséquents étaient exécutés sur le calculateur CDC de la DMN. Les possibilités de télécommunications étaient très limitées, et même le téléphone fonctionnait mal à l'Observatoire, malgré les efforts de notre standardiste Mmes Beynex et Joly. Les bandes magnétiques étaient donc transportées en voiture dans un sens et dans l'autre. Les programmes de lecture/écriture devaient être écrits au niveau du décodage des données binaires et inscrits sur des cartes perforées. L'équipe radar disposait heureusement d'un bureau à Paris Alma, avec vue partielle sur la Tour Eiffel où défilaient les stagiaires de l'ENM et s'accumulaient les listings. Ont notamment contribué à ces travaux Jean-Pierre Chalon, Patrick David, Claude Gaillard, Jean Tardieu, Christian Lafayne, Philippe Garnier, Vincent Pircher, Monique Ciccione, Shaun Lovejoy, Serge Nicoloff, et bien d'autres.

Les radars Ronsard avaient montré les possibilités offertes par l'utilisation des techniques numériques. Afin de compléter les informations fournies par ce système et de les situer

dans un contexte plus large, l'équipe de Magny les Hameaux proposa de monter sur des crédits de recherche une chaîne d'acquisition de données adaptable à divers types de radars, permettant d'enregistrer sur bandes magnétiques une vue d'ensemble des précipitations sur un grand rayon d'observation, et de faire des études plus systématiques sur l'hydrologie radar. La chaîne Saphyr (Système d'acquisition pour l'hydrologie radar, Gillet et al., 1980) fut entièrement conçue par la Direction de la météorologie, en coopération entre l'EERM et le CTM, et construite par Jacques Olivieri à Trappes. La conversion du signal analogique en numérique était réalisée avec un tout nouveau circuit fabriqué par TRW. Le système d'intégration des données de réflectivité était monté avec des circuits logiques TTL (Transistor-Transistor Logics). Les données pouvaient être enregistrées jusqu'à une distance de 227 km du radar.

Saphyr fut utilisée pour la première fois avec succès en août et septembre 1979 sur le radar Melodi de Bordeaux, à l'occasion d'une nouvelle campagne de mesures sur les fronts conduite dans les Landes par l'EERM, le CRPE et d'autres laboratoires. Cette chaîne fut ensuite installée sur le radar Melodi de Dammartin en Goëlle, et commença à fournir des données numériques qui furent utilisées pour des études sur la pluviométrie. En 1980 furent ajoutés à Saphyr la commande de balayage de l'antenne et la visualisation sur place des données. Le système de visualisation fut réalisé par Claude Gaillard, qui rejoignait l'équipe de Magny les Hameaux à sa sortie comme major de l'Ecole de la Météorologie. Ces éléments étaient organisés autour d'un bus Intel, avec un processeur 8085 de la même marque. La transformation en coordonnées cartésiennes des données arrivant sous forme polaire put être réalisée par le microprocesseur grâce à une astuce de programmation évitant toute multiplication. La visualisation en 16 couleurs se faisait sur un petit poste Thomson de télévision couleurs grand public, à l'aide d'une des premières cartes graphiques de la société canadienne Matrox qui permettait de se connecter directement en vidéo sur l'entrée RVB de la prise Peritel du téléviseur. On pouvait ainsi représenter 256x256 pixels espacés de 2 km, ce qui occupe une mémoire de 64 KOctets, une capacité importante pour l'époque.

Ce système très simple, relativement peu onéreux et évolutif ne demandait qu'à être encore complété. Les bonnes relations avec l'équipe des transmissions du SMM (Service météorologique métropolitain), dirigée par Jean-Michel Rainer et Pierre Kerhervé, permirent de mettre en place une transmission numérique des images du radar de Dammartin vers la salle de la prévision centrale à Paris, en utilisant la voie retour de la liaison en place servant à l'envoi des cartes météo vers les récepteurs fac-simile (dit fac codé). Les images étaient transmises automatiquement toutes les 15 minutes à une vitesse de 1200 bauds depuis la station radar de Dammartin, et visualisées à Paris sur un système entièrement construit à Magny les Hameaux, qui fut le prototype de Meteotel. Les prévisionnistes furent très satisfaits de ce système et l'adoptèrent rapidement, bien qu'il compliquât un peu leurs tâches. En 1981, une console de réception, conçue à partir du même appareil, est installée au Centre Météorologique de Roissy, permettant de visualiser l'image sans aucun traitement. Ce premier Meteotel a une capacité mémoire de 96 KOctets, soit deux images radar ou satellite. En 1982, l'adjonction d'un clavier 16 touches permet d'accéder à différentes fonctions de traitement de l'image sur cette station de ré-

ception (pointeurs, fond de carte, isolignes, calculs de vitesse de déplacement, prévision).

A cette époque, le Met Office commençait à numériser les radars britanniques, de marque Plessey, qui étaient tout à fait similaires à nos radars Melodi. Peter Browning et Chris Collier avaient conçu au centre de recherches de Malvern un projet de transmission et de concentration de données radar qui était en cours de réalisation, autour de mini-calculateurs de type PDP-11 de DEC. L'équipe radar de Magny les Hameaux était capable de réaliser en France un projet semblable pour un coût très inférieur, puisqu'essentiellement basé sur sa compétence, les moyens existants et l'approvisionnement d'éléments informatiques en OEM (Original Equipment Manufacturer) autour du bus Intel pour réaliser les échanges de données et quelques calculs. L'utilisation de circuits logiques et microinformatiques permettait des coûts d'approvisionnement très inférieurs à ceux de la mini-informatique, et surtout une maîtrise complète aussi bien du logiciel que du matériel. L'équipe radar ne comptait pas ses heures de travail, et eut la chance de bénéficier des conseils avisés en électronique et microinformatique de l'équipe en charge des stations automatiques à l'EERM, en particulier Jean Tardieu, Charles Godon, Pierre Maillach et Michel Sevève.

Procédant par étapes afin de ne pas inquiéter les décideurs, nous proposâmes dans un premier temps de numériser les radars Melodi de Brest et de Bordeaux. Cependant, la DMN, alors dirigée par Roger Mittner et fort mal dotée en crédits, hésitait à financer l'aventure, jusqu'au jour où arriva une lettre portant la mention «On her Majesty's Service ». Le Directeur du MetOffice, Sir John Mason, se déclarait intéressé par les données du radar de Brest pour les prévisions sur l'Angleterre, et proposait de le numériser avec le système mis au point au Royaume Uni. Cette lettre, préparée par notre collègue britannique Chris Collier qui nous avait aimablement consulté auparavant, fut reçue comme une insulte à l'orgueil national. Les crédits nécessaires à la numérisation de Brest et Bordeaux furent donc immédiatement mis à disposition de l'équipe de Magny les Hameaux. La DMN disposa ainsi rapidement de 3 radars Melodi numérisés, et un échange actif de données avec le MetOffice se mettait en place. Le radar de Jersey notamment présentait un intérêt particulier en raison de sa proximité et des contacts furent établis avec l'équipe météo très francophile de cette île, qui jouit d'une grande autonomie par rapport au reste du Royaume.

Le premier projet inter-services de la DMN

En 1982, Jean Labrousse est nommé Directeur de la Météorologie Nationale, quelques mois après l'arrivée de la gauche au pouvoir. Il y mène pendant cinq ans une politique de modernisation sans précédent dans de nombreux domaines et fait de la DMN un acteur de premier plan non seulement dans le domaine de la prévision numérique, mais aussi de l'observation. Très rapidement, le projet de réseau radar est défini, formalisé et lancé. Les activités sont suivies de près par Jean Lepas, alors Directeur adjoint de la DMN. Le projet fait intervenir la plupart des services de la DMN : l'EERM pour la coordination et la réalisation du traitement des données, le CTM et les Directions régionales pour les installations et la maintenance, le SMM pour les télécommunications, le traite-

ment des données et la prévision. Une structure de projet interservices est adoptée pour la première fois, avec un chef de projet, des réunions régulières, la mise à disposition d'agents et un système de validation des actions formalisé. Un logiciel PERT est même acquis et mis en œuvre sur le calculateur central de la DMN, qu'il fallait encore programmer à l'époque avec des bacs de cartes perforées.

Le projet Aramis vise avant tout à permettre à l'ensemble des stations départementales un accès aux observations radar et satellite en diffusant des images confectionnées centralement par les lignes de retour du «fac codé» existantes. Il permettra de progresser dans les trois domaines suivants :

- 1 - La compréhension globale de chaque situation météo grâce à la comparaison des données fournies par les radars et les satellites avec les autres données disponibles
- 2 - La prévision de la répartition des précipitations pour des échéances allant de une à six heures, dans un premier temps à l'aide des données radar seules
- 3 - La climatologie des précipitations.

Il fallut faire accepter à certains Chefs de région le fonctionnement automatisé des radars, avec l'émission systématique d'un PPI (Plan Position Indicator, correspondant à un balayage panoramique à un angle d'élévation de 0,9° en l'occurrence) toutes les 15 minutes, ce qui les privait de la possibilité de manipuler l'antenne pour observer plus précisément certains nuages jugés intéressants. Le choix des couleurs de la mosaïque fit également l'objet d'âpres discussions, chacun s'en tenant à ses idées. Certains proposèrent l'utilisation de télévisions en noir et blanc pour faire des économies, ce qui fut heureusement rejeté. Le choix des couleurs donna même lieu à une consultation générale, dont le résultat s'avéra inutilisable. Les couleurs correspondant aux réflectivités affichées furent donc décidées en définitive par l'équipe de projet sans tenir compte de cette démarche, en se basant notamment sur les essais réalisés par Jean Tardieu sur un moniteur Pericolor. La DMN parvint heureusement à éviter de payer la redevance TV sur Meteotel, les tuners ayant été déconnectés.

Le développement de la diffusion de l'imagerie passait par la centralisation des différentes données. Une fois disponibles à Paris, les images radar et satellite pouvaient être insérées dans le réseau de transmissions existant qui alimentait toute les stations, sans augmentation des coûts récurrents de télécommunications (figure 1). La DMN décida donc de faire industrialiser la station de réception développée à Magny les Hameaux sous la marque dûment déposée de Meteotel. Les spécifications techniques furent rédigées par l'équipe radar et un appel d'offres d'industrialisation fut lancé et exécuté avec succès. Ce système a permis la réception des images radar Melodi et des nouveaux radars en bande C Rodin, ainsi que l'imagerie satellitaire. Il permettait de faire des prévisions à très court terme par extrapolation du mouvement des échos radar, suivant une méthode de corrélation des images antérieures. Les logiciels étaient entièrement réalisés à Magny les Hameaux, essentiellement par Claude Gaillard et Robert Peytavi, en coopération avec le service des transmissions, notamment Maurice Guimera et Bernard Flury Herard. Meteotel, doté d'un processeur 8086 et de différentes options commença à être installé au second semestre de 1984.

Il était proposé initialement dans le projet Aramis que la mosaïque radar soit confectionnée par les calculateurs

centraux CDC 835 et CDC 175 de la DMN, puisqu'on disposait là d'une forte puissance de calcul et d'un accès direct aux systèmes de télécommunication, aussi bien pour la réception des données radar et satellite que pour la diffusion des données. La visualisation devait se faire sur une console très élaborée baptisée Emir, en cours de développement au Centre de météorologie spatiale de Lannion. Par la suite, cette proposition s'avéra irréaliste, à un moment où les moyens de télécommunications de la DMN étaient dans une période de refonte douloureuse avec l'installation du système Comete gérée alors par Bernard Beringuer. De plus, la console Emir se révéla très onéreuse et mal adaptée au traitement des données radar. On recourut donc à nouveau au meccano Intel pour la réalisation de la mosaïque radar. Le système fut réalisé dans des délais très courts par l'équipe de Magny les Hameaux et installé auprès des calculateurs centraux de la DMN. Ce système de concentration et de confection de la mosaïque radar fonctionna pendant de nombreuses années avec une fiabilité exemplaire (Gaillard, 1984).

Les radars Melodi ont ainsi été progressivement raccordés au concentrateur, ainsi que les premiers radars Rodin, déjà numérisés à la livraison. Le projet Aramis devait proposer un choix de sites pour l'installation des nouveaux radars Rodin, ce qui n'alla pas sans mal. En pratique, on remit à plus tard la couverture des régions montagneuses, afin de disposer en premier lieu d'une bonne cartographie des précipitations sur les régions moins difficiles à couvrir, et en espérant que les hydrologues seraient ultérieurement en mesure de préciser et de financer leurs besoins en matière d'observations. Un accord fut également conclu avec le Ministère de l'environnement pour numériser et inclure dans le réseau Aramis un radar de marque Plessey qui se trouvait dans le Périgord à Grèzes. Ce radar avait été acquis par le Service d'Annonce des Crues (SAC) de Périgueux pour améliorer l'annonce des crues de la Dordogne. Des coopérations furent également mises en place avec les DDE de Seine Saint Denis et du Val de Marne pour mieux anticiper les inondations urbaines, puis avec les villes de Nancy et de Bordeaux. Ces développements aboutirent à la création de la société RHEA, dirigée par Guy Jacquet, qui coopéra durant de nombreuses années avec Météo-France dans le domaine de l'hydrologie urbaine. Les premières conventions de mise à disposition ou de vente de données radar étaient âprement négociées avec les usagers, sous la surveillance de Charles Dupuy qui supervisait les activités commerciales alors en plein développement.

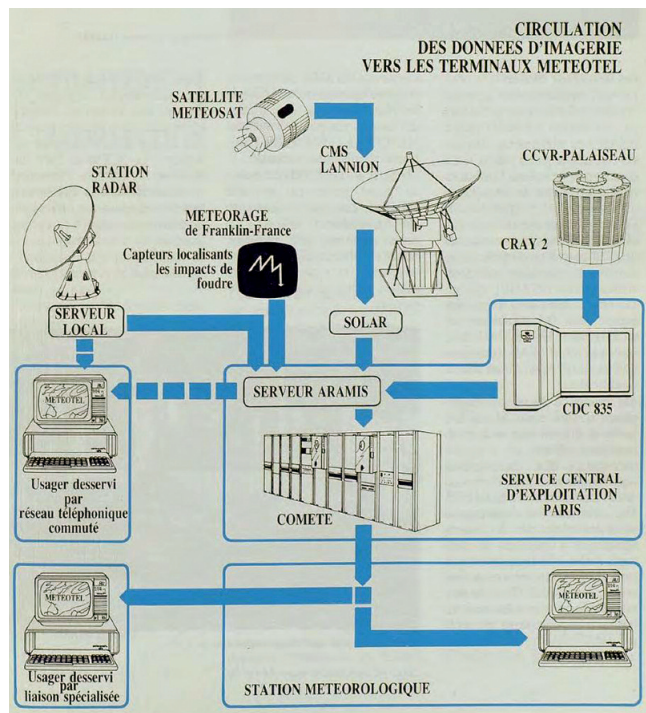


Figure 1

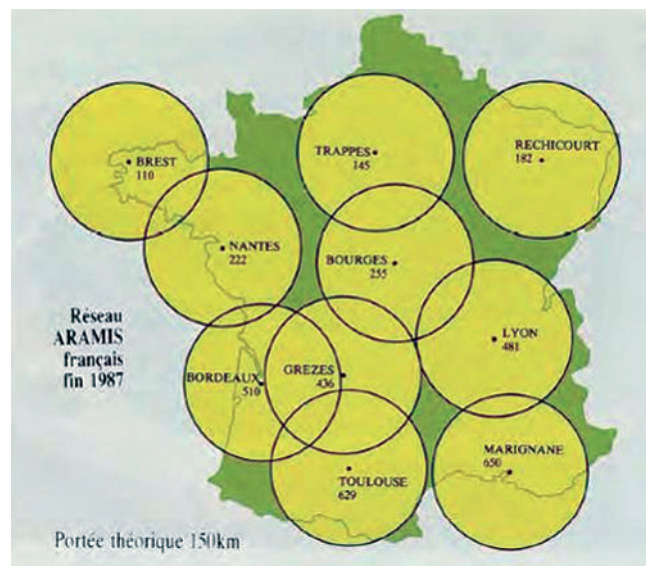


Figure 2

Photo 1 : terminal Météotel II, industrialisé par la société CMG suite à l'appel d'offres mentionné dans l'article.
Photo 2 : image composite sur écran Météotel

Figure 1 : circulation des données d'imagerie vers les terminaux Météotel
Figure 2 : implantation des radars du réseau aramis en France fin 1987. Faisant double emploi avec le radar de Trappes, celui de Dammartin en Goëlle avait été démonté.

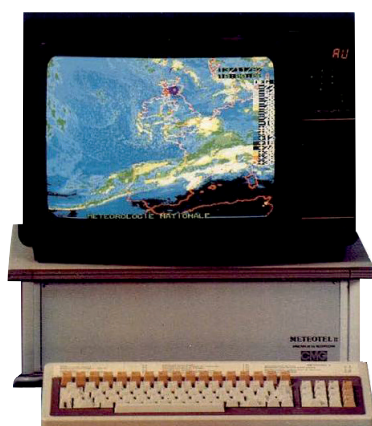
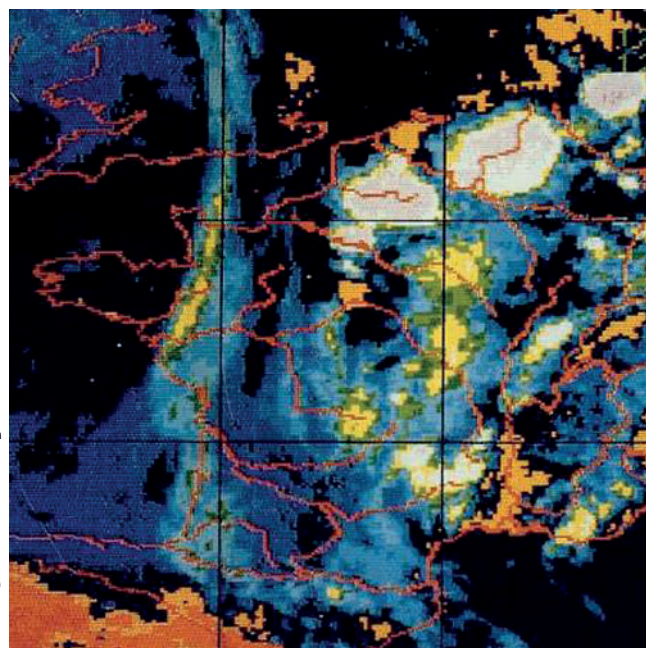


Photo 1 et 2



Au début de l'année 1987, le réseau comprenait 11 radars qui transmettaient toutes les 15 minutes leurs observations à Paris (Gillet, 1987) (figure 2) : Dammartin en Goële, Bordeaux, Brest, Lyon, Marseille, Toulouse, Grèzes, Trappes, Nancy, Nantes et Bourges. Le concentrateur rediffusait quasi instantanément les images composites, avec une résolution de 2 km, incluant également les images reçues des réseaux radars britannique et suisse. Les terminaux Meteotel (photo 1), qui étaient près de 230 en 1989, pouvaient recevoir et représenter sur une grille commune les données suivantes :

- les images radar composites, toutes les 15 minutes
- les données éventuellement reçues directement d'un radar
- les images Meteosat en visible et en infra-rouge sur la France, toutes les 30 mn
- des cartes météorologiques simplifiées, toutes les 12 heures
- des données de stations au sol, à chaque heure
- des prévisions du modèle de moyenne échelle Peridot, toutes les 6 heures⁵
- les impacts foudre du réseau Meteorage, toutes les 15 minutes.

Les logiciels de traitement d'image de la console permettaient notamment d'analyser et de comparer les données, ainsi que de réaliser des prévisions à très courte échéance par superposition et extrapolation de balayages radar réalisés à des instants successifs.

Une aventure comme celle des premiers pas du projet Aramis serait impossible aujourd'hui, où aucune initiative venant de la base ne peut se concrétiser sans passer par une foule de décideurs et de comités!

MARC GILLET

1 - Il fallait en effet passer par le standard pour émettre ou recevoir des appels. Madame Joly faisait très sérieusement son travail. Elle se rendait tous les jours à l'observatoire à vélo, et elle fut extrêmement peinée le jour où on lui supprima son indemnité de bicyclette, malgré son montant dérisoire. Cette prime, sensée couvrir les frais d'entretien d'une bicyclette, avait été instaurée pour dédommager les agents qui devaient régulièrement se déplacer sur les aérodromes entre la station météo et les instruments de mesure situés en bout de piste. La Cour des Comptes avait peut-être fait remarquer qu'elle avait été attribuée abusivement dans le cas de l'EERM. Madame Joly se consolait peut-être en apprenant combien elle était en avance sur son temps, puisque sous l'influence de la vague écologiste l'Etat lance actuellement en 2016 l'expérimentation d'une indemnité de 25 centimes par kilomètre pour les employés se rendant à leur travail à bicyclette.

2 - Il est vrai que le poste de télévision de Saphyr permettait aussi au début de regarder la télé le soir au lieu des images radar. Par la suite il fallut désactiver les tuners de ces postes pour ne pas payer la redevance télé et éviter que certains prévisionnistes ne suivent les retransmissions d'événements sportifs au lieu d'observer les échos radar. Un journaliste de Libération alla jusqu'à écrire, sans doute calomnieusement, que les prévisionnistes de Mérignac regardaient les matchs de Roland Garros à la télé au moment où une

Références

Beau, 2012 :
Historique des radars météorologiques, *Arc en Ciel, Bulletin de l'Association des Anciens de la Météorologie*, 168, 14-16.

Froment, G., 1979 :
L'expérience HYDROMEL. Rapport technique final, Etablissement d'Etudes et de Recherches Météorologiques, 77 rue de Sèvres, 92 Boulogne.

Gaillard, C, 1983 :
Diffusion des images radar et satellite. *La Houille Blanche*, 5-6, 381-385.

Gillet, M., J.Olivieri et C.Gaillard, 1980 :
La chaîne d'acquisition radar SAPHYR. *La Météorologie*, 8^e série, n°23, 25-32.

Gillet, M., 1984 :
Un système intégral pour la prévision immédiate : ARAMIS. *La Météorologie*, 7^e série, n°4, octobre 1984, 25-34.

Gillet, M., 1987 :
Présentation des radars météorologiques. *vue générale des routes et des aérodromes*, 641, mai 1987, 73-74.

Wakimoto, M. et R. Srivastava, 2003 :
Radar and Atmospheric Science A Collection of Essays in Honor of David Atlas, Meteorological Monographs Series, 30, N°52, American Meteorological Society, ISBN 1-878220-57-8, 270pp.

violente ligne de grains ravageait la côte landaise lors du week-end de la Pentecôte de 1987. Le scandale fut important et le Directeur de la DMN André Lebeau dut user de son droit de réponse.

3 - Charles Godon, Pierre Maillach et Michel Sevèque quittèrent ensuite la DMN, soit pour EDF à la suite de Yehouda Bahloul qui avait constitué cette équipe à l'EERM, soit pour le privé.

4 - On trouvera dans la revue *La Houille blanche* de Septembre 1983 une série d'articles décrivant le projet Aramis à cette époque. Cette revue est accessible librement à l'adresse : <http://www.shf-lhb.org/articles/lhb/abs/1983/04/contents/contents.html>

5 - Il était composé de cartes Intel dotées d'un processeur 8085, qui géraient chacune la réception de 4 radars, d'un processeur 8086 pour le compositage et d'une carte mémoire de 16 Mbytes (taille exceptionnelle pour l'époque). Le système était facilement upgradable : il suffisait de rajouter une carte lors de l'installation de 4 nouveaux radars. Il fallait gérer la bascule sur les bancs de 1 Mb car un 8086 ne permettait d'adresser que 1 Mb. Le système ne disposait pas de disque ce qui lui a assuré une grande longévité.

6 - La mise en place des sorties du modèle PERIDOT sur les terminaux déclencha une réprobation dans un premier temps, car cela avait été fait sans aucune commande précise. Heureusement Jean Labrousse soutint l'opération et fit taire les grincheux.

* ARAMIS : Application Radar à la Météorologie Infra-Synoptique (réseau français de radars pour la surveillance des précipitations).

** Roger Lhermitte est décédé le 21 novembre 2016 à Miami (USA). Ses obsèques ont eu lieu le 22 décembre à Pontchartrain (Yvelines).