

L'enseignement de la Télédétection

*par Maurice CARBONNELL
Ingénieur en Chef Géographe
Directeur de l'École Nationale des Sciences Géographiques*

Science encore très nouvelle, la télédétection demande un enseignement nouveau qui se développe actuellement, dans le monde, très rapidement. A vrai dire, plus qu'une science, il s'agit d'un ensemble de techniques diversifiées, bien que complémentaires, qui nécessitent des formations spécifiques. L'une de ces techniques, l'interprétation visuelle des images photographiques (ou pseudo-photographiques) apparaît comme l'ancêtre de la télédétection : la photo-interprétation, enseignée depuis plus de trente ans, constitue encore une base indispensable et prépondérante de toute étude sérieuse de la télédétection.

Mais il est bien d'autres aspects de ces techniques nouvelles et la première question qui se pose est de savoir qui former et dans quel but. Quatre catégories nous paraissent devoir être distinguées :

- les réalisateurs de matériel de saisie et de traitement des données télédéetectées, les concepteurs de "systèmes" ;

- les producteurs de données traitées ;

- les utilisateurs-praticiens, qui peuvent également appartenir à la catégorie précédente, et qui regroupent tous ceux — ingénieurs et techniciens des services publics et des entreprises privées, universitaires spécialistes des sciences de la terre, de l'aménagement, du développement — pour qui la télédétection est devenue l'un des outils de travail fondamentaux ;

- les utilisateurs-décideurs et planificateurs qui doivent s'initier aux possibilités de la télédétection, en saisir l'apport réel (aussi bien que les limites) dans les domaines de leur compétence, engager les actions de recherche et d'expérimentation nécessaires et, s'ils sont convaincus, faire entrer ces moyens nouveaux, complémentaires de ceux dont ils disposent déjà, dans la pratique courante de leurs services.

Pour la première catégorie, les enseignements appropriés relèvent de la physique, de l'électronique, de l'informatique, de techniques industrielles bien spécifiques... Certains cours d'été du Centre National d'Études Spatiales, quelques modules du CETEL (sur lequel nous reviendrons plus loin), pour ne citer

que ceux-là, répondent au moins en partie à cette catégorie que nous ne traiterons pas davantage dans cet article.

Plus que de cours et d'une formation approfondie, les utilisateurs de la quatrième catégorie ont surtout besoin d'une information précise et solide, d'une connaissance des programmes et des réalisations concrètes de la télédétection et d'une analyse des résultats obtenus, y compris sur le plan économique. Il s'agit donc essentiellement pour eux d'une bonne diffusion de l'information et de conférences ou de courts stages d'initiation et de présentation objective des principes, des mécanismes et surtout des "conquêtes" de la télédétection. Les stages de ce type, les séminaires, les brochures et les revues (c'était l'un des objectifs principaux des "Cahiers de l'OPIT") ne manquent pas. Il n'est pas certain qu'ils aient encore bien trouvé leur style, leur clientèle, leur impact ; mais nous ne nous attarderons pas plus ici sur cet aspect particulier, et cependant fort important, de l'enseignement de la télédétection.

Quant aux deuxième et troisième catégories, c'est essentiellement à elles que s'adressent actuellement les multiples actions qui cherchent à former des "télédetecteurs", c'est-à-dire des spécialistes qui conçoivent les projets, qui assurent les traitements des données recueillies et qui soient des praticiens de l'utilisation des données traitées. Ces télédetecteurs peuvent être de différents niveaux : ingénieurs-concepteurs, techniciens, opérateurs. Leur formation peut se faire par des études universitaires approfondies, par des cycles longs ou courts, par des stages pratiques. Il peut s'agir de spécialistes polyvalents, professionnels de la télédétection qui opèrent pour les besoins de leur entreprise ou pour des "clients" ; il peut s'agir également de géologues, de forestiers, d'agronomes, de pédologues, d'aménageurs, d'urbanistes... qui s'efforcent de développer les applications de la télédétection dans leur domaine par une pratique personnelle des techniques de traitement des données et d'interprétation des "images". C'est dire que ces télédetecteurs sont divers, autant que les solutions retenues et mises en œuvre pour leur formation. C'est à eux principalement que s'adres-

sent les nombreux traités et manuels parus depuis dix ans et les périodiques spécialisés, parmi lesquels on peut citer les revues des associations nationales de photogrammétrie et de télédétection, le "Remote Sensing of Environment" américain, "l'International Journal of Remote Sensing", anglais et, dans une certaine mesure, la revue "Photo-Interprétation" française.

A l'étranger et sur le plan international, les activités de formation à la télédétection se sont considérablement développées. Un rapport daté du 9 mars 1981 (réf. A/CONF 101/BP/9), préparé pour la seconde conférence des Nations-Unies sur l'exploration et l'utilisation pacifique de l'espace et intitulé "Training and Education of Users of Space Technology" est consacré, pour les trois quarts, à la télédétection spatiale et présente un tableau sommaire mais impressionnant des possibilités de formation dans ce domaine.

L'enseignement peut être reçu dans des universités, des "écoles" spécialisées, des centres opérationnels de télédétection, des "agences" d'utilisateurs, certains laboratoires et entreprises privés, ainsi que dans des cours et séminaires internationaux.

La plus importante concentration de formation à la télédétection se trouve en Amérique du Nord où de très nombreux centres offrent des formations approfondies de haut niveau, des cours, des stages, etc. Pour ne citer que les principaux, il convient de mentionner :

- au Canada : le Canada Centre for Remote Sensing, l'Alberta Remote Sensing Centre, le Québec Remote Sensing Centre, le Geological Survey, l'Université Laval à Québec ;

- aux États-Unis d'Amérique : l'EROS Data Centre de Sioux Falls, la North Arizona University, l'Office of International Geology de l'USGS, le Laboratory for Applications of Remote Sensing (LARS) de l'Université de Purdue, l'Environmental Research Institute of Michigan (ERIM) et le Remote Sensing Institute de l'Université du Sud-Dakota.

En Europe de l'Est, les organisations intergouvernementales concernées par la coopération économique (CMEA) et par l'étude et l'utilisation de l'espace (INTERCOSMOS) participent activement à la promotion et à l'enseignement de la télédétection. En Union Soviétique, les universités et instituts qui dispensent cet enseignement sont nombreux et diversifiés. Signalons seulement l'Université Lomonossov de Moscou, le MIIGAiK (Institut moscovite d'ingénieurs en géodésie, photographie aérienne et cartographie) le NIIGAiK (institut identique de Novo-Sibirsk) et le Laboratoire des Aérométhodes de Léninegrad qui relève de l'Académie des Sciences.

La troisième zone principale d'enseignement de la télédétection est l'Europe occidentale. Il n'est pas possible de citer ici toutes les universités, laboratoires, instituts et centres spécialisés qui offrent des possibilités de formation en télédétection. Outre la France, sur laquelle nous reviendrons plus longuement à la fin de cet article, ces possibilités se trouvent principalement en République Fédérale d'Allemagne et en Grande-Bretagne, ainsi qu'à l'International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences (ITC) d'Enschede, aux Pays-Bas.

Dans les autres parties du Monde, les centres nationaux d'enseignement de la télédétection sont beaucoup plus rares. Mentionnons cependant les différents instituts des sciences de la terre d'Afrique du Sud ; les cours organisés par la Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales d'Argentine, par l'Instituto de Pesquisas Espaciais du Brésil et par le Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos de l'Équateur ; en Inde, des cours dispensés par certaines universités, la National Remote Sensing Agency d'Andhra Pradesh et son centre spécialisé d'Uttar Pradesh, l'Indian Photo-Interpretation Institute ; l'Université de Beijing en Chine ; en Australie, les cours de télédétection organisés par le South Australia Institute of Technology et le Footscray Institute of Technology ; les programmes d'enseignement du Remote Sensing Technology Centre du Japon ; différents cours ou séminaires au Bangladesh, en Indonésie, au Pakistan, etc. Cette brève énumération ne préjuge évidemment pas de l'importance et de la qualité des formations assurées par ces centres.

Intéressant et important est le rôle des organisations internationales dans ce domaine. Il prend différentes formes et, en particulier, celle de la création de centres régionaux, totalement ou partiellement destinés à l'enseignement de la télédétection.

C'est ainsi que le Conseil Africain de Télédétection créé à l'initiative de la Commission Économique des Nations-Unies pour l'Afrique, s'efforce de regrouper la formation dans les centres de Ouagadougou (Haute-Volta), Nairobi (Kenya), le Caire (Égypte), Ile-Ife (Nigéria), Kinshasa (Zaire). Le Caire et Kinshasa ne sont pas encore opérationnels. A Ouagadougou, l'organisation de la formation est confié à la France (GDTA).

En Amérique Latine, l'Instituto Pan-Américo de Geografía et Historia, la Commission Économique des Nations-Unies pour l'Amérique Latine et l'Organization of American States s'efforcent de coordonner l'enseignement de la télédétection. Le Centro Interamericano de Foto-interpretación de Colombie, l'Inter-American Geodetic Survey, Cartographic School de la Défense Mapping Agency des USA à Panama, le Centro interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras de Vénézuéla ont un rôle inter-états dans cette partie du Monde.

On retrouve le même effort d'organisation régionale dans l'Asie du Sud-Est avec la Commission Économique et Sociale des Nations-Unies pour l'Asie et le Pacifique et l'Asian Regional Remote Sensing Training Centre de Thaïlande.

Quant à l'Europe, l'action conjointe du Conseil de l'Europe (Division de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche) de l'Association Européenne des Laboratoires de Télédétection (EARSEL) et du Centre Commun de Recherches de la CEE à Ispra (Italie) a abouti avec la collaboration de différents instituts et laboratoires européens (dont l'ITC), à l'élaboration de programmes de formation et télédétection pour les pays européens et les pays en voie de développement. Parmi les cours intensifs organisés dans ce cadre, citons le cours sur la télédétection en météorologie, océanographie et hydrologie, donné du 1^{er} au 20 septembre 1980 à Dundee (Royaume-Uni) et le

cours sur les applications de la télédétection à l'inventaire d'occupation des sols, organisé, aux mêmes dates, à Ispra. Ce deuxième cours est redonné cette année, du 14 septembre au 2 octobre 1981.

Enfin, des programmes internationaux pour la formation des télédétecteurs sont en cours d'organisation sous l'égide des Nations-Unies. Dès 1981, un centre, faisant partie de la Division des Ressources Naturelles et de l'Énergie, à New York, et coopérant avec la Division des Affaires Spatiales devait commencer un enseignement de la télédétection. Un second centre devrait entreprendre ultérieurement un programme d'enseignement orienté vers la télédétection appliquée aux ressources naturelles renouvelables et fonctionner au sein de la FAO, à Rome.

Dans cette activité mondiale pour l'enseignement de la télédétection, quelle est la part de la France, quel est le rôle de l'Institut Géographique National ?

Depuis bien des années déjà, un tel enseignement consacré d'abord à la photo-interprétation puis, plus récemment, élargi à la télédétection, s'est implanté dans les universités françaises. Sans vouloir en donner une énumération exhaustive, nous devons mentionner ici les Universités de Paris I (UER de Géographie, Service de Télédétection), Paris VI (Département de Géographie Physique), Paris VII (UER de Géographie et Sciences Sociales, Laboratoire de Géographie Physique), Paris VIII (UER de Géographie, Laboratoire des Aérométhodes), Aix-Marseille II (Institut de Géographie), Amiens (UER de Sciences Historiques et Géographiques), Lille I (UER de Géographie), Rennes (UER de Géographie, Laboratoire de Géographie Humaine et Régionale), Reims (Laboratoire de Géographie Physique Zonale), Strasbourg - Louis Pasteur (Groupe de Recherche en Télédétection Radiométrique), Toulouse - Paul Sabatier (Centre d'Étude Spatiale des Rayonnements). Ce dernier centre relève également du CNRS qui, par ailleurs, étudie mais enseigne aussi la télédétection dans son Centre d'Études et de Réalisations Cartographiques Géographiques de Paris, son Centre de Géomorphologie de Caen, son Service de la Carte de la Végétation à Toulouse, son Centre d'Études de Géographie Tropicale de Bordeaux, son Centre de Géographie Appliquée de Strasbourg. De plus, l'ATP "Télédétection" du CNRS, lancée en 1980, poursuivie en 1981, à laquelle participent vingt cinq laboratoires et dont le programme pluridisciplinaire est financé en commun par le CNRS et le CNES, bien qu'ayant pour objectif essentiel de rassembler les recherches des laboratoires susceptibles d'interpréter et de traiter numériquement les images de télédétection, apporte sa contribution à la formation de spécialistes de haut niveau.

Quelques grandes écoles participent aussi à l'enseignement de la télédétection : l'École Pratique des Hautes Études (Laboratoires de Géomorphologie de Dinard), l'École Normale Supérieure de Montrouge (Laboratoire de Géographie), l'École Nationale Supérieure des Mines de Paris par son Centre de Télédétection et Analyse des Milieux Naturels implanté à Sophia Antipolis, enfin, dans une certaine mesure, le Conservatoire National des Arts et Métiers par sa chaire de Technique et Programmes Spatiaux.

Les Écoles d'Été du Centre National d'Études Spatiales, certains cours du Centre d'Études Supérieures de Prospection Géologique et Géophysique de l'École Nationale Supérieure du Pétrole et des Moteurs, les stages de sensibilisation, d'initiation ou de formation de l'Office de Recherche Scientifique et Technique d'Outre-Mer (destinés essentiellement à son personnel) contribuent également à faire passer le message de la télédétection.

L'Institut Géographique National dont le Département de Télédétection et de Cartographie Spatiale connaît une activité croissante et qui participe activement à la préparation du programme SPOT, se préoccupe beaucoup de la formation des télédétecteurs, praticiens et usagers, ne serait-ce que pour la préparation scientifique et technique de son propre personnel aux tâches de la recherche et de la production dans ce domaine. Cette préoccupation n'est pas nouvelle et est apparue dès les premiers travaux de photo-interprétation de l'Institut.

Outre les cours destinés à la formation initiale des ingénieurs et techniciens de l'Institut Géographique National, l'École Nationale des Sciences Géographiques (ENSG) a organisé, à partir de 1965, un stage annuel sur l'Exportation des Photographies Aériennes (SEPA). De moyenne durée (sept semaines), ce SEPA comportait une option photogrammétrie et une option photo-interprétation et fut suivi, jusqu'en 1977, par des ingénieurs, techniciens et universitaires. Constamment actualisé et évoluant progressivement vers la télédétection, avec une intervention croissante de spécialistes des différents domaines d'application, ce stage a reçu jusqu'à ce jour, 454 participants représentant 64 pays. Notons qu'à partir de 1974, il fut organisé sous l'égide de l'OFET (Organisation Française d'Enseignement de la Télédétection) dans laquelle le Bureau pour le Développement de la Production Agricole, l'Institut Français du Pétrole et l'Institut Géographique National avaient regroupé leurs moyens d'enseignement en télédétection.

Une formation plus courte de deux semaines destinée principalement à des universitaires français et étrangers, a fonctionné à partir de 1967 sous le nom de Stage d'Information sur la Photographie Aérienne (SIPA). Elle a touché un total de 301 stagiaires venant de 30 pays, l'extension de ses cours et travaux pratiques à la télédétection étant officialisée à partir de 1978 par l'adjonction d'un T à son sigle (SIPAT).

Cependant, la nécessité d'un enseignement plus approfondi dans les domaines de la saisie, du traitement et de l'interprétation des "images" aériennes et spatiales était ressenti par l'IGN, tant pour la formation de son personnel que pour répondre aux demandes de services extérieurs et de pays étrangers. C'est à cette fin qu'a été créé par l'ENSG, en 1975, un enseignement long d'une année universitaire, sous le nom de Cycle d'Enseignement Approfondi en Télédétection (CEAT) qui s'est poursuivi (en changeant deux fois de nom...) jusqu'en 1979-1980. Placé sous l'égide de l'OFET, ce cycle bénéficiait du concours de deux universités parisiennes et de plusieurs autres organismes scientifiques et techniques. Se plaçant à un niveau élevé, il pouvait aboutir à la délivrance d'un Certificat d'Études Supérieures et, pour les étudiants

titulaires d'une maîtrise ou d'un titre d'ingénieur, d'un Diplôme d'Études Supérieures Spécialisées délivré par l'Université Pierre et Marie Curie (Paris VI). A partir de l'année universitaire 1980-1981, ce cycle qui, de 1975 à 1980, a été suivi par 56 étudiants (14 pays) est devenu le CETEL, sur lequel nous reviendrons plus loin, et a été transféré à Toulouse.

Actuellement, à Saint-Mandé, l'ENSG enseigne la télédétection sous trois formes différentes :

- dans les cycles de formation initiale de ses élèves et de ses techniciens : la télédétection y constitue une "unité de valeur" d'une durée de sept ou huit semaines pour ses ingénieurs et, ultérieurement, de sept semaines pour ses géomètres, y compris les travaux pratiques sur le terrain auxquels est consacrée la moitié du temps de l'unité de valeur. Les cours portent sur les bases physiques de la télédétection, l'acquisition des données, les procédés de traitement de ces données, les applications à la géologie, la géomorphologie, au milieu végétal, la cartographie spatiale ; les travaux pratiques comportent des séances d'informatique appliquées à la télédétection ;

- le stage de sept semaines est devenu le Stage d'Enseignement de la Télédétection (SET), l'expression "Télé-interprétation" n'ayant été retenue que temporairement. L'enseignement modulaire est divisé en cinq parties : exploitation des photographies aériennes (2 semaines), interprétation des images (2 semaines), technologie de la télédétection (1 semaine), spécialisation (1 semaine) orientée soit vers les techniques de la géomatique et de l'orthophotographie, soit vers l'aménagement et la géographie des paysages, enfin cartographie considérée comme moyen d'expression des résultats de la télédétection (1 semaine). Le SET, qui comporte des travaux pratiques en salle et sur le terrain, s'adresse à des stagiaires, français et étrangers, n'appartenant pas à l'IGN :

- deux modules courts de quelques jours (les satellites d'observation de la terre, sensibilisation aux photographies aériennes) sont organisés dans le cadre de la formation continue. Ils sont destinés avant tout au personnel de l'IGN, de toutes catégories, mais peuvent être suivis également par des auditeurs, français ou étrangers, n'appartenant pas à l'IGN.

Le CETEL mentionné ci-dessus (Cycle d'Enseignement de la Télédétection) fonctionne à Toulouse depuis l'automne 1980, au double titre d'un des cycles longs de spécialisation de l'ENSG et d'une des actions d'enseignement du Groupement pour le Développement de la Télédétection Aérospatiale (GDTA), GIE constitué par le CNES, l'IGN, le BRGM, l'IFP et le BDPA et qui, dans le domaine de la formation a pris la relève de l'OFET.

Ce cycle a pour objet de donner à ceux qui le suivent une pratique professionnelle de la télédétection aux différents stades de la saisie et du traitement des "images", ainsi que de leur interprétation dans les divers thèmes d'applications. Il se place à un niveau post-universitaire mais admet cependant des candidats, français ou étrangers, n'ayant pas les diplômes ou titres requis, mais jugés aptes par une commission de sélection. Il est modulaire et peut être suivi dans son intégralité ou partiellement.

Le CETEL comporte trois parties :

- un tronc commun (21 semaines) divisé en généralités (notamment bases physiques de la télédétection, vecteurs et capteurs, représentation et restitution des images, cartographie et langage graphique), interprétation des images (méthodologie, visible, proche infra-rouge, infra-rouge thermique, images radar, données de terrain) et panorama des applications (organisation pratique d'une mission de télédétection, applications d'inventaire statistique, applications aux phénomènes dynamiques, méthode de recherche par télédétection) ;

- un enseignement optionnel (7 semaines) relatif soit à la pratique de l'interprétation (étude approfondie sur le terrain d'un thème particulier choisi par chaque stagiaire), soit au traitement numérique des images (technologie des traitements numériques tout au long de la chaîne de saisie, de transformation et d'exploitation des données de télédétection) ;

- un stage d'application (6 semaines) consistant en un travail personnel dirigé dans le cadre d'une activité de recherche ou de production chez un membre du GDTA ou tout autre organisme compétent.

En 1980-1981, le CETEL a été suivi complètement par huit stagiaires : quatre d'entre eux ont obtenu un certificat de spécialité, trois un diplôme d'études supérieures spécialisées. De nombreux stagiaires (57) ont suivi certains modules du cycle, correspondant à un total de 377 semaines/stagiaire. Le cycle 1981-1982 est programmé du 16 novembre au 6 août.

Un deuxième type d'enseignement est dispensé par le GDTA. Il s'agit du Stage d'Initiation à la Télédétection (SITEL), cycle modulaire de quatre semaines qui se propose d'habituer les photo-interprètes à utiliser des documents autres que les photographies aériennes, de conduire les ingénieurs physiciens ou informaticiens concepteurs d'instruments de télédétection à mieux connaître les domaines d'utilisation des produits qu'ils élaborent, enfin de présenter aux utilisateurs, et surtout aux utilisateurs-décideurs, un survol des principes technologiques et des applications de la télédétection. Ce SITEL est organisé à Toulouse et comporte quatre modules d'une semaine chacun : généralités sur la télédétection, méthodologie de l'interprétation, panorama des applications, traitement des images. La plus récente session du SITEL a été programmée en octobre-novembre 1981.

Le trait majeur de l'enseignement de la télédétection à l'IGN et au GDTA au cours des dix dernières années est sans doute sa constante évolution, ses ajustements successifs, qui n'ont eu d'autres raisons que d'essayer de suivre les progrès technologiques et de répondre aux besoins réels de formation des praticiens et utilisateurs de la télédétection. Il est certain que cette évolution va se poursuivre encore et l'on peut penser également que l'enseignement va se diversifier davantage afin de mieux s'adapter aux différentes catégories de personnes concernées. C'est en tout cas le souci des principaux organismes qui ont la responsabilité de cet enseignement alors qu'approche l'ère de la seconde génération des satellites d'observation de la terre et particulièrement des SPOT.

Article reproduit avec l'aimable autorisation de la rédaction du Bulletin d'Information de l'Institut Géographique National.