

## Retour sur 25 ans de recherche à l'IGN

Hervé Le Men

### 1 Introduction Quel anniversaire ?

Voici donc la 25<sup>e</sup> édition des journées recherche. La première a eu lieu en 92, il y a tout juste 24 ans. Le 25<sup>e</sup> anniversaire est plutôt celui du Service de la Recherche, préfiguré courant 90, et établi comme service de plein exercice au 1/1/91. C'est donc plutôt le 25<sup>e</sup> anniversaire, non de la recherche bien évidemment, mais de la structuration de la recherche à l'IGN. Encore peut-on noter que la création du LOEMI et du COGIT sont antérieures : ainsi, le COGIT a été créé début 88 comme laboratoire « Connaissance des Objets Géographiques et des Images de Télédétection » ; mais le sigle déjà reconnu en 1992, a été conservé après la scission qui a donné création au COGIT et au MATIS actuels. Le LAREG créé en septembre 1991 fêtera aussi ses 25 ans cette année.

Quel regard porter sur ces 25 années du Service ?

Du point de vue scientifique, faire un inventaire des sujets abordés et des résultats obtenus, représentant plus de mille années-hommes de travail, serait trop fastidieux, voire impossible, dans le temps imparti. J'ai préféré choisir, pour chacun des 4 laboratoires, quelques exemples qui m'ont paru significatifs, en général en relation avec les débouchés opérationnels. J'ai aussi pris le parti de ne citer personne nominativement.

La création du Service positionnait la recherche à l'IGN comme une recherche finalisée ayant pour principal objectif de faire progresser à moyen ou long terme les méthodes et outils des Services de production et, particulièrement, de permettre, faciliter ou accompagner le tournant du numérique que l'IGN abordait il y a 25 ans et a conduit au cours de cette période (Pour mémoire, le projet BDTopo s'est terminé en 91, avec la finalisation des spécifications et la mise en place des premières lignes de production analytiques, pas encore numériques ; on ne parlait pas encore de BD Ortho, de BD Parcellaire et encore moins de RGE...). Pour cela, il est apparu primordial, dès le début, de développer les partenariats avec la recherche institutionnelle publique dépendant du ministère de la recherche et de l'enseignement supérieur, sans évidemment trop distendre les contacts avec les Services de production.

Troisièmement, le bilan des ressources humaines doit être abordé, à la fois parce qu'il est essentiel à la vie de toute structure et, particulièrement dans ce cas-ci, parce qu'un des objectifs de la recherche était, et est toujours, d'assurer le développement d'un vivier d'experts, et de faciliter par mobilité interne, le passage de la recherche-au développement et à la production.

Enfin, on évoquera l'évolution des structures et leur adéquation au positionnement de la R&D.

## 2- Quelques actions marquantes

### 2.1 LOEMI : instrumentation

La principale action dans le domaine de l'instrumentation, et sans doute tous domaines confondus, l'une de celle qui a eu le plus de répercussion sur la production à l'IGN, est le développement des caméras numériques. Travail de longue haleine : les études préliminaires sur ce sujet datent d'il y a juste 25 ans ('91) pour un capteur 4096 x 4096 pixels dont le calendrier un peu optimiste prévoyait les tests en vol en '92 ! Il aura fallu 12 années de plus, après de nombreuses péripéties tant techniques qu'organisationnelles, pour abandonner définitivement le papier photo au profit des PVA numériques. Les améliorations se sont ensuite poursuivies, avec le développement de la CAMV2, qui ont permis en particulier une amélioration de la résolution grâce à l'augmentation de la taille du capteur. Aujourd'hui, le LOEMI se penche, dans la suite de ces travaux, sur le développement d'une caméra légère pour drone.

Dernier verrou pour une chaîne de traitement entièrement numérique jusqu'aux bases de données et aux cartes, le passage des PVA analogiques numérisées aux PVA numériques a eu plus qu'une incidence sur le seul Service des Applications Aériennes. Il a aussi permis le développement de méthodes plus automatisées de prétraitement et de traitement des images que nous verrons ci-après.

Intéressant par les retombées partenariales qu'il a permis, on peut aussi noter le développement du lidar Raman dédié à la mesure du profil atmosphérique de vapeur d'eau pour la correction des mesures GPS, qui a suscité un intérêt auprès de Météo France pour l'étalonnage absolu des mesures de vapeur d'eau atmosphérique.

### 2.2 MATIS : Traitement d'images

Le développement des caméras numériques a permis la mise au point de méthodes de calibration physique des images, comprenant une calibration absolue et une correction sur modèle physique des effets atmosphériques angulaires. La mise au point de méthodes de recherche automatique de points d'inters, et de calcul automatique de lignes de raccords entre images, a pu alors déboucher sur une chaîne de mosaïque automatique d'images, utilisable et utilisée aujourd'hui dès la descente d'avion.

D'importants travaux ont été menés au cours des années 90 sur la lecture automatique de cartes scannées dans l'idée d'exploiter sous forme numérique l'important patrimoine de données analogiques accumulé sous forme de cartes papier. Ces travaux ont été valorisés dans le cadre de contrats Défense et aussi lors de la mise en place de la BD Topo V2 (dite Pays à l'époque) au début des années 2000. Ce sujet n'est plus actuellement un axe de recherche, mais les méthodes et logiciels ainsi développés peuvent encore trouver des applications dans le cadre de réalisation de bases de données historiques.

La corrélation automatique est sujet constant depuis le début et non encore épuisé. De nombreuses approches ont été développées depuis Dauphin jusqu'à MicMac..., avec des débouchés opérationnels en production à l'IGN sur la réalisation de MNT/MNS sur images SPOT et sur photographies aériennes. La reconstruction de surface par facettes, en particulier pour le bâti, fondé sur d'autres approches que les deux corrélateurs susmentionnés, a donné lieu à un outil assez abouti, Bati3D, qui n'a pourtant pas rencontré son marché. L'approche couplée images aériennes- images au sol, du type Stéréopolis, et devrait permettre de revisiter ces concepts et de déboucher sur une vraie application.

D'importantes recherches, incluant plusieurs thèses, ont aussi été menées sur la détection des routes et sur la détection de changement sur images. Ces recherches n'ont finalement pas donné d'application en production dans les processus IGN, mais les algorithmes originaux mis au point à ces occasions, en particulier algorithmes de segmentation, ont trouvé une application opérationnelle en 2010 à la cartographie de la végétation.

### **2.3 COGIT : SIG Cartographie**

Un travail important de formalisation des concepts de qualité des BD Géographiques a été mené au début des années 90 qui a eu une grande influence sur le développement des SIG et des normes d'échanges en particulier via le CNIG et dans la contribution à l'élaboration de la directive INSPIRE. Ces concepts et terminologie sont aujourd'hui passés dans les mœurs et paraissent naturels à tous. Ce n'était pas le cas à l'époque. Certes, la définition et la mesure de la qualité des processus ponctuels est ancienne et de longue tradition à l'IGN en particulier chez les photogrammètres, mais finalement les premières recherches sur la précision des cartes datent du début des années 80 (aux Etats-Unis et en France principalement), et n'étaient pas abouties au début des années 90. Le Bulletin d'Information de l'IGN n°67 : « Qualité d'une base de données géographiques- concepts et terminologie », édité en 97, a ainsi fait un point sur le sujet et a été le premier (sinon le seul) numéro du BI à être épuisé. Cet axe de recherche sur la prise en compte de la qualité dans les SIG est toujours actif, avec des nouvelles problématiques liées au Web sémantique, à l'émergence des données obtenues de manière collaborative et à la prise en compte du multi-temporel, avec aussi des outils pour évaluer la qualité de données non qualifiées, anciennes ou obtenues par fouille sur le Web par exemple. L'importance de cet axe de recherche est liée aux répercussions majeures de la qualité sur l'interopérabilité ; c'est évidemment un préalable à la définition de normes d'échanges. D'autres aspects liés à l'interopérabilité sous l'aspect spécifications des BD ont aussi été plus récemment abordés en formalisant le contenu par ontologies pour réaliser des appariements de schémas. Des résultats encourageants ont été obtenus ces dernières années.

En matière de généralisation, les recherches ont porté à la fois sur les méthodes algorithmiques (lissage de courbes, positionnement automatique des toponymes, généralisation de l'occupation du sol) et sur une approche de plateforme multi-agents.

Les résultats en sont assez largement passés en production, en particulier sur la partie algorithmique, pour la rédaction des cartes dérivées (TOP100...) et pour l'OCS BD CartoV2.

La notion de SIG 3D est apparue au cours de la période et a donné lieu à des résultats aboutis, mais sans retombées internes à ce jour (le RGE est une base 2,5D), mais externe dans le contexte Défense et par l'acquisition d'une bonne expertise sur le sujet.

Enfin, plus récemment, le COGIT a mené des recherches sur la prise en compte du temps dans les SIG : constitution de modèles de données géo historiques utilisant les cartes anciennes, simulation d'évolution et analyse de dynamiques. Des premiers résultats ont été obtenus. Cet axe est très certainement un axe d'avenir à la fois par ses enjeux et par la difficulté théorique du sujet.

## **2.4 LAREG : Géodésie.**

Au cours de ces 25 années, 3 grandes directions ont servi de guide aux recherches en géodésie.

- la réalisation d'un système de référence mondial de plus en plus précis
- l'étude de la pesanteur et du géoïde
- la maîtrise et l'amélioration des méthodes de traitement de données de géodésie spatiale.

La prise en compte du temps, c'est-à-dire en l'occurrence du caractère déformable de la Terre, est sans doute le fait majeur sur cette période. Le champ de vitesse avait été pris en compte depuis le début dans le calcul de l'ITRF, mais l'amélioration substantielle des incertitudes sur le champ de vitesse (un facteur 10) permet aujourd'hui un apport essentiel à la géophysique.

En ce qui concerne le géoïde, le calcul du géoïde français et son intégration courante dans les logiciels de calcul de positionnement du GPS permet de réaliser depuis quelques années des mesures de nivellement par GPS, ce qui est un apport extrêmement important des recherches aux outils de production de la profession en général, et de l'IGN en particulier.

L'étude des variations temporelles du champ de pesanteur est plus récente : elle a été permise à partir de 2002 par les mesures de la mission spatiale GRACE. Ici aussi l'amélioration de ces mesures permet d'accéder à des phénomènes complexes de mouvement de masse à l'intérieur et aussi à la surface de la Terre (comme le mouvement des masses d'eau ou la fonte des glaces) qui permet à la géodésie un apport significatif aux autres sciences de la Terre.

### 3. Partenariats

L'importance capitale pour l'IGN de développer des partenariats scientifiques a été affirmée dès la création du Service de la recherche. En sus de la motivation, valable pour toute structure de recherche, de diffusion et de partage des connaissances avec les autres chercheurs, la position particulière de l'IGN rend le développement des coopérations particulièrement important pour plusieurs raisons.

- Pour le LAREG dont l'objet d'étude est intrinsèquement mondial, le positionnement de l'IGN dans les structures internationales est évidemment une question de survie. Si la participation de l'IGN dans ces structures que sont le BGI ou l'IERS ne date pas de la création du Lareg, celui-ci a su monter d'un cran sa participation à ces organismes, et cette reconnaissance par les pairs dans l'organisation et le calcul des systèmes mondiaux de référence montre son niveau d'excellence.

- Pour les 3 autres laboratoires, c'est le caractère finalisé des recherches IGN qui rend particulièrement opportun le partenariat avec des laboratoires plus académiques ayant des approches complémentaires, et les amener, ou leur permettre par l'accès aux données, à travailler sur nos problématiques.

- Pour tous, l'établissement de relations durables avec le monde académique est aussi une condition *sine qua non* à l'accueil régulier de doctorants indispensables à la conduite des programmes de recherche. On retrouvera cette question de l'accueil et encadrement de doctorant dans le paragraphe suivant concernant les ressources humaines.

Ce développement de partenariats, initié dès le début, a été poursuivi avec le soutien actif du conseil scientifique et technique de l'établissement. Sans faire une liste exhaustive, on peut noter l'implication au sein de l'AGI, de l'ISPRS commission III, avec prise en charge de l'organisation des symposiums de la commission), de l'ACI avec l'organisation du congrès mondial en 2011, ainsi que la participation à deux PRES/COMUE (Paris Est et Sorbonne Paris-Cité), sans oublier les relations antérieures et continuent maintenues avec des organismes de recherche comme le CNES, l'IRSTEA et l'INRIA.

### 4- Evolution des métiers de la recherche

Globalement les effectifs du Service sont passés de 34 au début de 91, en incluant le Lareg en cours de création, à 91 en 2014. En ces temps où la croissance des dépenses publiques n'est pas la politique dominante, ces chiffres donnent une mesure de l'effort que la direction de l'IGN a su faire pour soutenir la recherche. Cette croissance, ajoutée à une mobilité des personnels forte et souhaitée, permet aussi de juger de la difficulté qu'ont eu les chefs de services et les directeurs de laboratoires successifs pour assurer la continuité des objectifs de recherche et la capitalisation des savoirs au sein des structures avec de tels taux de mouvement.

Plus précisément les effectifs comprenaient en 91, 29 titulaires et 5 doctorants sous statuts divers. En 2015, le Service de la recherche comprend 50 personnels titulaires, 32 doctorants et 9 CDD post-docs ou ingénieurs sur financement externe.

Le personnel titulaire était composé en 91 de fonctionnaires IGN : IG, IT, G ouvriers d'Etat. Le corps des chercheurs du ministère de l'Equipement a été créé à la fin des années 90, avec pour motivation, initiale au moins, de résorber l'emploi précaire au sein des différents Services d'étude et recherche du ministère. L'IGN qui a été associé dès le début à la rédaction des statuts puis par la suite aux jurys de concours, a pu profiter de ce statut pour diversifier son recrutement de chercheur et mieux l'adapter aux besoins de la recherche. Les personnels des corps des IG (IPEF), ITGCE n'ont en effet pas vocation à mener une carrière de chercheur, même si le passage par la recherche en début de carrière a été, et est encore encouragé. Cette situation posait le problème du maintien de quelques chercheurs seniors. Aujourd'hui les effectifs du Service de la recherche comportent une dizaine de personnes sous ce statut de chercheur, ayant vocation à mener une carrière de recherche, d'ailleurs pas nécessairement limitée à l'IGN.

Le statut des doctorants, ou plus exactement l'absence de statut et même souvent de convention quelconque, posait aussi un réel problème. La situation s'est depuis nettement améliorée, avec la mise en place de contrats de bourses de thèse IGN. Le développement de partenariats a aussi permis d'accueillir des doctorants avec des bourses universitaires ou des bourses d'autres organismes comme le CNES.

Enfin, le développement, général en France et même au-delà, du financement de la recherche sur contrat (ANR, programmes européens et autres) par opposition à la dotation de soutien des unités de recherche, a permis, ou forcé selon le point de vue, le recrutement non négligeable de CDD sur financement fléché, externe à la dotation, qui pallie heureusement le déficit récent du recrutement sur postes d'IT.

A sa création, aucun des personnels du Service n'était titulaire d'un doctorat d'Etat ou d'une habilitation. Le nombre de docteurs était même faible (2 si ma mémoire est bonne). Non que les personnels n'aient pas eu un niveau suffisant, mais à l'époque le cursus de formation des ingénieurs ne passait pas par une thèse. Ce qui n'était pas sans poser quelques problèmes d'asymétrie dans les partenariats auprès des universités d'inscription qui participaient à l'encadrement, au suivi des doctorants et à la formation des jurys. La première habilitation a été soutenue en 96, rapidement suivie par d'autres et le Service de la recherche en compte aujourd'hui un nombre raisonnablement suffisant pour des échanges équilibrés.

Ce changement des profils statutaires a eu un effet bénéfique sur la diversité des formations, sur les partenariats et sur le rayonnement externe. A contrario, il ne facilite pas le passage en production interne des résultats de recherche aussi efficacement que le passage recherche-développement-production par mobilité interne des ingénieurs. Ceci

peut être un point de vigilance, sans qu'on puisse dire aujourd'hui qu'il ait atteint un stade pénalisant.

## **5-Evolution des structures.**

Dans un établissement à mission opérationnelle comme l'IGN, le rôle de la recherche est de formaliser et conceptualiser les problèmes rencontrés dans la production actuelle, d'anticiper ceux qui peuvent bloquer l'émergence de produits et de services futurs, puis de les résoudre dans un cadre académique approprié, seul ou de préférence en partenariat, pour permettre enfin le développement de solutions et leur passage en production. Bien que critiquable, et d'ailleurs critiqué à l'époque de sa mise en place, ce schéma reste pertinent. La nécessité d'une structure formelle dédiée vient de la masse critique nécessaire pour conduire des partenariats durables et pour aborder des problèmes sur le long terme en diminuant la dépendance aux aléas des mobilités individuelles. Les missions du Service de la recherche ne relèvent que des deux premières phases, les actions de développement n'étant pas de son ressort, ce qui était sans doute un des points faibles de cette organisation.

L'organisation du Service, en ses 4 laboratoires actuels, et aussi ses missions, sont restées inchangées depuis la séparation du COGIT et du MATIS, programmée depuis '88, et effectuée en '92. Preuve sans doute qu'elles donnent satisfaction. Son environnement dans le schéma R&D ci-dessus a néanmoins été modifié. Pour pallier le risque potentiel d'éloignement de la recherche et des développements, la maîtrise d'ouvrage des développements sous maîtrise d'œuvre des Services de production était au début exercée par le chef du Service de la recherche, ce qui n'est plus le cas. Inversement, la maîtrise d'œuvre des développements s'est structurée au sein de deux Services dédiés à cette activité. Quant au rôle de maîtrise d'ouvrage, c'est-à-dire de coordination, de R&D passé du Service de la recherche à la direction technique au cours des années 90, il n'apparaît plus aujourd'hui explicitement dans l'organigramme.

En tant que place dans l'organigramme, le Service de la recherche, rattaché initialement à la direction technique, dépend depuis 2013 de la direction de la recherche et de l'enseignement. Cette nouvelle organisation présente évidemment l'avantage des synergies habituelles entre la recherche et l'enseignement, rapprochant ainsi l'IGN des modèles connus, dans un contexte de reconfiguration de la recherche publique lié à la mise en place des PRES puis COMUE, des IDEX et des LabEx. Il présente à contrario le risque de difficultés sur le passage de la recherche aux développements. Mais on peut penser que la structuration des Services de développement permettra de pallier ce potentiel maillon faible qui, au demeurant, existait déjà sous une autre forme dans la précédente organisation. En tout état de cause, aucune organisation n'est parfaite, et toute structure présente au bout d'un certain temps des défauts d'usure. Il est sans doute sain de les changer de temps en temps.

A l'interface des structures et des partenariats, la question de constitution d'une ou de plusieurs unités mixtes avec d'autres institutions de recherche s'est très vite posée.

Plusieurs projets ont été mis sur la table et discutés. Une des difficultés provient de la discipline elle-même. Comme le souligne le Larousse en conclusion de sa définition du mot géographie : « discipline de synthèse, la géographie apparaît ainsi au carrefour des sciences de la Terre et des sciences humaines ». La prise en compte de ce positionnement, non pas interdisciplinaire mais intrinsèquement pluridisciplinaire, se heurte au cloisonnement de la recherche académique en sections, propre à la France. La constitution d'UMR reste une question d'actualité, malgré cet obstacle qui pourrait pourtant être un atout.

## **6-Conclusion.**

### **6.1- Un bilan à la hauteur des objectifs.**

Tant du point de vue des résultats, scientifiques ou opérationnels, que des partenariats, des métiers et des structures, on peut donc apprécier le chemin parcouru et la persévérance dans la conduite des actions.

Rappelons nous le contexte de '90 : Internet commençait à peine à exister et ne s'appelait pas encore Internet, l'imagerie numérique était encore une curiosité de laboratoire, obtenue uniquement par scanners linéaires, la constellation GPS était incomplète et de précision encore insuffisante pour le positionnement précis (c'est en '92 que le premier jeu de mesure GPS a pu être utilisé par le LAREG dans la réalisation de l'ITRF91). A l'IGN, l'ensemble des processus de production depuis les PVA jusqu'aux cartes était entièrement analogique, à l'exclusion évidemment des calculs de compensation en photogrammétrie et en géodésie et, exceptions notables, des outils de cartographie spatiale et de ce qu'on a appelé ensuite la BDAlti. Il faut ici reconnaître et apprécier à sa juste valeur le rôle de pionnier, souvent méconnu, que l'IGN et particulièrement le Service de la recherche, ont eu dans le développement du numérique, du Web et de l'Internet, des bases de données géographiques et de leur diffusion avec des outils comme le Géoportail, aujourd'hui d'usage grand public, dont les enjeux ont été pris en compte dès le début.

Ainsi, le bilan est certainement à la hauteur des objectifs et des moyens mis en place.

### **6.2 Coup d'œil sur l'avenir.**

Bien qu'il s'agisse d'un exercice de style obligé dans un exposé de ce genre, je ne m'étendrai pas sur les perspectives de recherche pour la période à venir: elles sont actuellement l'objet d'une réflexion au sein du Service et il ne m'appartient pas d'interférer avec les débats en cours.

Je dirai quand même un mot du laboratoire de l'inventaire forestier, récemment créé, et qui commence son travail de manière un peu isolée, certes pas avec le monde des forêts et du bois, mais avec le Service de la recherche. Il me semble qu'il existe potentiellement des synergies importantes entre les problématiques de l'IFN et les



compétences du Service de la recherche au moins sur deux sujets : le MATIS a développé des compétences de traitement Lidar et de modélisation d'objets 3D qui pourraient trouver des applications dans l'exploitation des données lidar sol que l'inventaire met en œuvre depuis plusieurs années pour la réalisation des modèles 3D exhaustifs d'arbres individuels ; inversement les méthodes statistiques utilisées à l'IFN qui nécessitent une approche de l'erreur très différente de celles utilisées dans le monde de la cartographie pourrait donner lieu à une confrontation intéressante des points de vue.

Pour le reste, je suis certain que les chercheurs des 4 laboratoires, bien positionnés sur les sujets précédemment évoqués et travaillant dans le cadre de structures stabilisées, sauront trouver des perspectives à la fois innovantes et utiles.