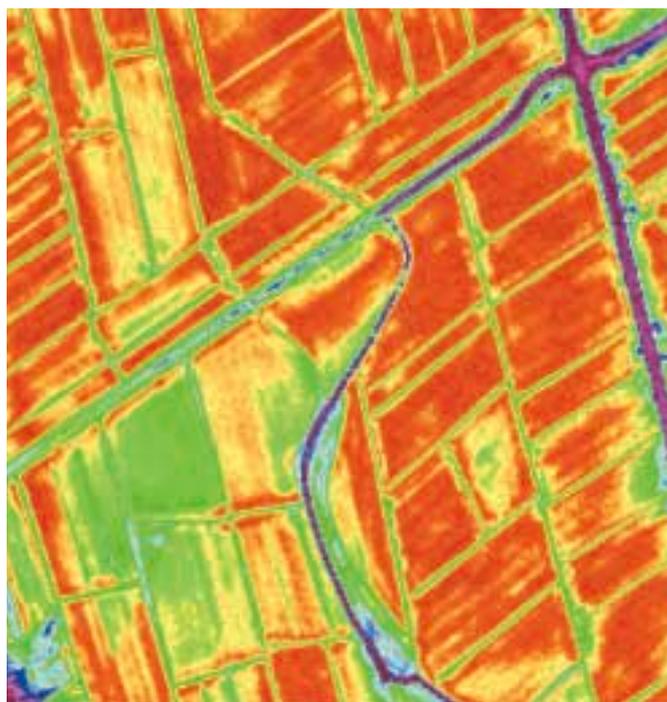




# Le topographe et l'hydrologue... Conte moderne et drolatique...

*L'hydrologue a besoin, pour ses calculs hydrologiques, d'informations topographiques avec un bon niveau de précision. Dans ce cas, des approches traditionnelles peuvent être faites en utilisant les cartes géographiques, ou mieux, en utilisant des techniques de restitutions photogrammétriques optiques pour reconstituer la forme et les pentes du bassin versant, les zones de drainages, les utilisations du sol. Une autre méthodologie peut être utilisée : le Laser Scanner Aéroporté. Les restitutions atteignent le même niveau de qualité que la photogrammétrie, mais cette méthode est plus rapide et directement "injectable" dans des logiciels de modélisation géométrique des terrains (M.N.T.). L'utilisation en est très facile. Il devient possible de calculer un hydrogramme significatif d'un aléa particulier.*

*Mais l'hydrologue devient hydraulicien. Les nécessités de l'hydraulique demandent un grand niveau de précision. Les ponts, les digues, les lacs, les vannages, ou autres, impliquent une précision très grande de la géométrie des chenaux de routage d'écoulements. L'écoulement, la dynamique des vagues de crues, la mise en charge ou en décharge des chenaux complexes des rivières doivent pouvoir s'appuyer sur une topographie très précise. Le topographe doit fournir des informations sur des sections de vallée, depuis l'aval jusqu'à l'amont, de la rive gauche à la rive droite de la rivière. Toutes les structures pouvant avoir une influence sur l'hydraulique doivent être mesurées et localisées en une restitution tri-dimensionnelle. C'est un très lourd travail, mais à la fin, quand l'opération est réussie, le topographe peut fournir à l'hydraulicien une géométrie représentative des zones de routage des inondations. L'hydraulicien restituera alors les comportements hydrodynamiques de la rivière, et pourra ainsi suggérer des solutions pour sauver des populations ou des villes.*



Restitution en fausses couleurs des reliefs dans une zone de marécages à l'aide du laser-scanner aéroporté. Remarquer dans le cliché, la zone des turbulences hydrauliques. La précision est ici centimétrique.

**S**ouvent, lorsque l'hiver apparaît, et que les longues journées de pluie empêchent le topographe d'aller vaquer à ses opérations par champs et prairies, l'hydrologue et l'hydraulicien se réjouissent... Pour eux, cette pluie qui limite la visibilité et empêche l'utilisation des instruments optiques, sans compter qu'il mouille l'opérateur géomètre qui préfère généralement l'abri d'une couette bien chaude à un vague parapluie mal attaché au pied du théodolite, cette pluie donc est à l'origine de toute vie professionnelle... Et oui, le malheur des uns, fait le bonheur des autres, dit la parabole...

Une crue, une inondation, des vallées envahies par les eaux, des torrents qui dévalent, tout un monde en chaos, voilà l'espace dans lequel l'hydrologue trouve son inspiration... Et voilà pourquoi il viendra extraire de son bureau douillet le topographe bien prudent... Déjà qu'il y a les vaches dans les prés, et les dangers qu'elles génèrent... Ne vous a-t-on jamais parlé de la vache folle ?

Donc, le couple infernal se forme après la crue : l'hydrologue, vil tentateur, vient débaucher le topographe... Ah, si j'étais La Fontaine, je vous raconterais cela autrement, mais je vais vous montrer ce qui se passe.

Pourquoi donc l'hydrologue vient-il poser des problèmes au topographe qui n'a jamais eu affaire à un aussi bizarre personnage. Et bien, parce que l'hydrologie ne saurait exister sans la géométrie... En hydrologie comme en chez Pythagore,

on peut dire "Que nul n'entre ici s'il n'est géomètre...".

Deux niveaux d'approches concernent le topographe et l'hydrologue :

- le bassin versant, c'est à dire l'endroit où l'eau est collectée, et où elle se concentre pour constituer les écoulements
- la rivière, lit mineur et lit majeur, où s'effectuent les écoulements qui sont perturbés par des ouvrages ou des discontinuités géométriques...

## Donc, l'hydrologue a besoin de mesures...

Longtemps, l'hydrologue s'est contenté de statistiques sur des débits, pour essayer de prévoir par des méthodes de strict calcul des aléas des écoulements... Et puis l'informatique est née... Et avec elle l'insatiable besoin de pouvoir prévoir plus efficacement. L'hydrologue, dans ces temps anciens où l'informatique n'existait pas, Ah, le beau temps, c'est à dire dans mes débuts professionnels, (Je suis vieux) se contentait de manipuler les statistiques, les lois de probabilité, en particulier les lois d'un certain Gumbel ou d'un certain Galton... Mais, avec le temps, il est apparu qu'il était possible de "classifier" les bassins versants en petites unités hydrologiquement homogènes, et en groupes homotypiques... Ce fut le début, la boîte à Pandore était ouverte, et le déchainement des forces de calcul n'a cessé de se poursuivre....

Classifier les bassins versants : par leur superficie, leurs pentes, leurs formes... Cela, c'était facile, en utilisant les cartes fournies par l'I.G.N., un bon curvimètre, un bon planimètre, et la messe était dite...

Mais à bien y voir, si les bassins versants de même forme et de même superficie, avec le même couvert végétal ont les mêmes débits de crue, comment cela se faisait-il ? Et c'est la naissance de l'hydrologie déterministe...

Comment, avec une pluie connue, sur un bassin versant dont la géométrie est connue, est-il possible de prévoir les crues... Simplement en appliquant sur une analyse tri-dimensionnelle d'un espace découpé en segments triangulaires par la méthode des polygones Delaunay, des lois hydrauliques d'écoulement et de composition des flux. Le tour était joué, pour l'hydrologue, mais pas pour le topographe à qui l'on demandait une information matricielle sous forme d'un modèle numérique de terrain de haute précision... Avec une densité de points significative.

Plusieurs méthodes ont donc été testées. Il ne pouvait être question de poursuivre l'investigation avec les moyens traditionnels de la topographie optique, ou avec les appareillages lasers qui ne sont pas à l'échelle d'un bassin versant de plusieurs dizaines, voir plusieurs centaines de kilomètres carrés... Alors sont apparues les méthodes de photogrammétrie, pour restituer un espace après analyse d'une série de clichés, et un très long dépouillement mené par les ingénieurs de l'I.G.N. ou d'autres organismes particulièrement opérationnels ; ou alors, dérivé des techniques spatiales un nouveau système a été testé : le Laser Scanner Aéroporté, qui scannérise le sol préalablement quadrillé de stations de réfé-



**Reconstitution de la matrice des pentes avec direction, intensité superficielles de chaque maille, ce qui permet de simuler la génération des débits sur un bassin versant..**

rence GPS, à l'aide d'un avion équipé lui aussi de 4 GPS déterminant lacet, roulis, tangage, dérive... Le laser scanner balaye la superficie du sol, et le signal est récupéré grâce à une matrice en fibres optiques, à plusieurs centaines de canaux qui mesurent la déflexion, la durée de retour du signal, données qui sont directement numérisées à bord, et immédiatement interprétables à l'atterrissage de l'appareil de prise de mesures. Les précisions en x,y,z, sont du même ordre que celles de la photogrammétrie. Si l'on fait plusieurs passes sur un même site, en utilisant des méthodes d'interférométrie, en positionnant des repères optiques parfaitement localisés de manière tri-dimensionnelle sur le territoire observé, on peut obtenir des précisions d'ordre de 10 cm en z et 15 cm en x et y... Et cela directement exploitable le lendemain du survol... Précisons que ce matériel expérimental est développé en Allemagne par la société TOPOSYS, et requiert une compétence d'un personnel très spécialisé (géodésiens).

Le topographe est serein, les données sont acquises sans trop de difficultés. L'hydrologue est heureux, grâce à ce système, à l'échelle du bassin versant, il lui suffira de reconstituer le relief en trois dimensions, et de reporter les informations nécessaires, et de mettre sur chaque triangle du polygone Delaunay, défini en axe, intensité de pente, superficie et rugosité, ainsi qu'en liens avec les triangles voisins, une intensité de pluie calculée ou mesurée par ailleurs qui va constituer une lame d'eau qui va s'écouler plus ou moins rapidement et rejoindre toutes les lames d'eau de la matrice d'écoulements, pour constituer des flux qui vont router dans la vallée proprement dite...

Mais dans la vallée proprement dite, l'information topographique générale, avec sa précision altimétrique décimétrique n'est pas suffisante pour être véritablement représentative de la capacité de routage des flux par un chenal et des débordements possibles de ces flux sur des zones que l'on appelle champs d'inondation.





■ ■ ■ Pour cela, il faut avoir recours à la topographie classique, celle qui est pratiquée par la majorité des professionnels des cabinets de géomètres topographes. Encore est-il qu'il faut qu'il y aie harmonie entre le souhait de l'hydrologue devenu maintenant hydraulicien, et les possibilités opérationnelles du topographe. L'hydrologue est un type compliqué, mais un coup d'avion, et son problème est réglé. L'hydraulicien est une sale bête qui a besoin de précisions centimétriques, bien sûr, un centimètre, quand l'eau déborde par dessus un barrage, cela signifie quelque chose... Le Docteur Jekkyl devient Mister Hyde....

## Les choses se gâtent

L'hydraulicien commence par expliquer, en douceur, avec charme, au topographe qu'il lui faut des transecs : des sections en travers... Prenant en compte la totalité de la vallée, lit majeur et lit mineur (il faut se tremper ou même faire de la bathymétrie à l'aide d'un sonar ou d'une perche), avec des pas de mesure généralement assez serrés, de l'ordre généralement de 30 mètres, en mentionnant toutes les discontinuités rencontrées.... Et tout cela calé en N.G.F. Et ces transecs il en faut en moyenne un tous les 100 mètres, et densifiés si des discontinuités majeures apparaissent.

Compliquant encore la chose, il faut qu'entre ces transecs soient mentionnés des points selon un semis qui permette de cerner les discontinuités dans la forme du fond de la vallée. Mais le pire, ce sont les ouvrages hydrauliques : il faut tout : le profil immédiatement aval, le profil immédiatement amont, toute la géométrie... en hauteur, en largeur, en profondeur, dans toutes les dimensions, tous les points doivent permettre une reconstitution tri-dimensionnelle des ouvrages....

Et enfin, comme les choses auraient jusqu'ici été simple, il faut que le travail commence à l'aval pour remonter vers l'amont, et toujours par la rive gauche, pour aller vers la rive droite.... Ceci parce que les conditions d'un écoulement sont déterminées par les contraintes aval... Et que les modèles hydrauliques dynamiques tri-dimensionnels actuels sont construits comme cela...

Donc le topographe s'arrache les cheveux, s'il lui en reste, lorsque l'hydraulicien vient le voir et lui dit en plus, d'un air sucré : " dans une confluence ou une diffluence, vous savez, j'ai besoin du profil aval le plus proche lorsque les écoulements sont régularisés, et du profil amont le plus proche avant que les écoulements ne soient perturbés, et cela sur chacun des bras..." De quoi devenir chèvre dans un champ au milieu des vaches pour un topographe normalement constitué qui préfère retourner bien vite à ses pratiques foncières habituelles...

Alors, si le topographe a la force nécessaire d'arriver au bout de son pensum, lorsqu'il a passé ses nuits sur Autocad a restituer avec difficulté les carnets de notes mouillés, lorsqu'il a soigné son rhume acquis à se baigner ainsi dans des rivières glacées, si le topographe donc survit et apporte humblement à l'hydraulicien tyrannique le fruit de ses longues nuits glacées d'hiver loin de sa femme et de la douce chaleur de son foyer, si le topographe vient, l'air battu donner son CD rom à l'hydraulicien hautain, c'est tout à coup le nirvana pour l'hydraulicien, qui découvre avec joie, qu'il peut faire couler l'eau



Reconstitution tri-dimensionnelle de la ville de Bydgosz (Pologne) dans le cadre d'un programme de lutte contre les inondations. Création d'un S.I.G. Tri-dimensionnel.

dans l'ordinateur, et sortir des images de synthèse plus réelles que le réel, et dire à Monsieur le Maire, d'une manière péremptoire : La crue centennale atteindra le Cimetière... Et le topographe se dira alors, pour un peu, elle m'aurait aussi atteint à cet endroit là... ●

PAR YANN DRUET

Ingénieur en Génie Rural - Géographe Géomorphologue  
Directeur Technique du Bureau d'Etudes 2 EMA

## ABSTRACT

*The hydrologist need, for hydrograph calculations, topographic datas with a good level of precision. In this case, the approaches are done with geographical maps, or, better, with photogrammetric restitutions from basin slope, the total drainage area, land use. Another methodology can be use : the Laser Scanner in board of a plane. The restitutions are at the same quality level than photogrammetry, but its more speed and directly importing in Modeling Ground Systems. It is easy to use. Its possible to compute the significative hydrograph of specific occurency. But the hydrologist became hydraulic engineer....The hydraulics requirements needs a great level of precisions. The flow routing, the dynamic wave progression, the charge and discharge of the river complex channel, the influences of bridges, dams, lakes, watergates, and so, involve a great precision in topographic approach of the runoff channel geometry. The topographer must gives informations on valley transverse cuttings, from the downstream to upstream, from left bank to right bank. All structures must be measured and localised in a three-dimensional approach. It's a very hard job, but at end, when he is successful, the topographer can give a representative geometry of the floodings areas of a river. The hydraulic engineer will restore the hydrodynamic compartment of the river, and suggest solutions to save populations or cities.*