

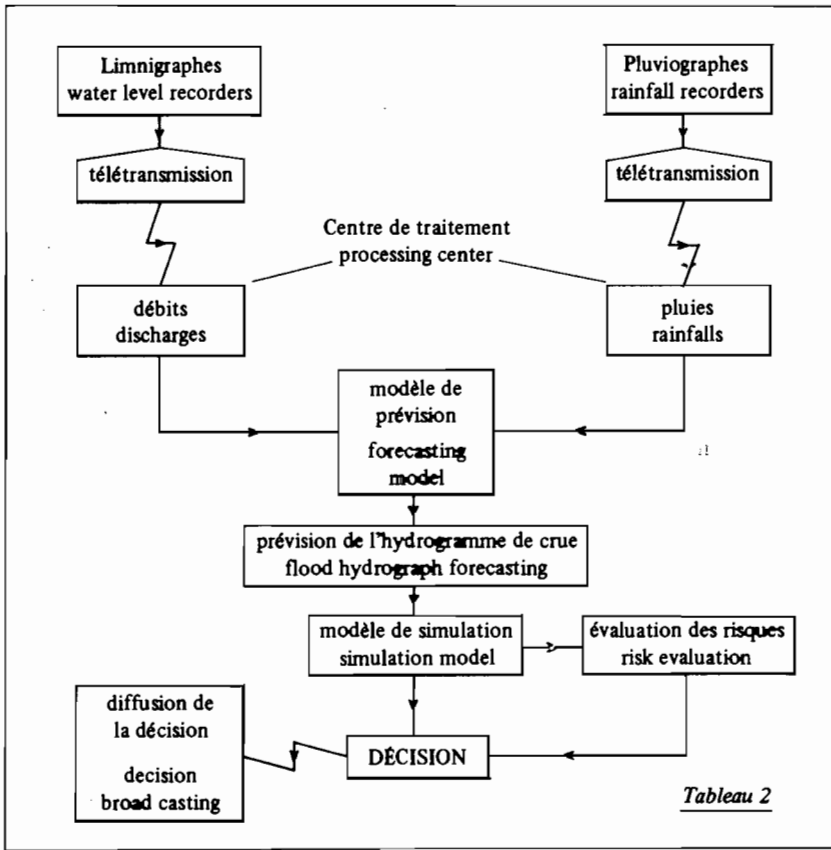
DOCUMENT 1.1.

**OBJECTIFS ET PRINCIPES  
DE LA TELETRANSMISSION PAR SATELLITE  
RAPPORT INTRODUCTIF**

Marcel ROCHE

*Chef du Service Hydrologique  
Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre Mer  
Paris, FRANCE*

---



<p>TECHNOLOGIE TECHNOLOGY</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• capteurs sensors</li> <li>• plateforme (ou balise) data collection platform (DCP)</li> <li>• satellite satellite</li> <li>• récepteur au sol receiving station</li> <li>• S Y S T E M S Y S T E M</li> </ul>
<p>REGLEMENTATION REGULATION <i>international regional</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• accessibilité au satellite access to satellite</li> <li>• réception des balises DCP acceptance</li> </ul>
<p>ASPECT FINANCIER FINANCIAL ASPECT</p>	

*Tableau 3*

08. Bien entendu, la seule analyse de l'instrumentation «satellite» ne suffit pas pour effectuer un choix ; il faut, au moins en théorie, explorer les autres tactiques (ou solutions). Néanmoins, cette exploration peut être grandement simplifiée si des ensembles de sous-systèmes ont déjà été étudiés. Exemples :

- coût et fiabilité d'un ensemble limigraphe-balise-antenne, y compris ses interfaces,
- coût d'une station de réception assortie d'un mini-processeur pour le traitement des données et la production de la prévision,
- coût d'achat et d'installation d'un relais VHF dans les conditions du pays (pour télétransmission au sol),
- estimation des frais récurrents pour tel système d'acquisition.

09. Une préanalyse peut montrer, dans des conditions locales et pour des contraintes de besoins données, une disparité telle dans les avantages, notamment en fiabilité et en coût, de telle solution sur telle autre, que le résultat puisse être considéré comme acquis et transposable. Ce peut être, par exemple, l'affirmation (je ne dis pas qu'elle soit exacte) :

- Dans un bassin de plus de 100 000 km<sup>2</sup> aux voies d'accès difficiles et au réseau de télécommunications publiques douteux, la fiabilité de télétransmission radio au sol n'est que de 80 % contre près de 100 % pour la solution satellite (compte tenu des difficultés d'entretien).

10. Les systèmes, leur analyse et les conclusions qu'on peut en tirer ne sont pas figés. Ils peuvent évoluer avec :

- les progrès technologiques intrinsèques (non dus à l'application de la technique à notre problème),
- les progrès technologiques dus à la concertation des fabricants des divers matériels entre eux et avec les utilisateurs,
- la conception et l'intégration des systèmes,
- l'évolution des besoins qui ont un impact direct sur la rentabilisation des systèmes.

Ces éléments ne sont pas indépendants et l'effet de leur interaction est capital. Même si cet effet n'est pas toujours numériquement évaluable, il est important de s'en faire au moins une idée qualitative.

## ASPECT TECHNOLOGIQUE

11. L'aspect technologique concerne le détail des matériels utilisés aux diverses étapes de fonctionnement du système. Ces matériels sont actuellement d'origine variée et doivent faire appel à des interfaces pour s'insérer dans la chaîne d'acquisition et éventuellement de traitement des données. L'élaboration des interfaces et leur coût dépend en partie du degré de compatibilité des organes entre eux. Il est probable qu'un ensemble de matériel conçu de façon homogène et donc entièrement compatible à la fabrication, devrait être plus fiable et revenir moins cher, à condition toutefois que les débouchés soient suffisants.

12. Au début de la chaîne est le capteur dont le rôle est de mesurer directement une variable liée au phénomène étudié en une grandeur fonction de cette variable, et de la transmettre éventuellement à un enregistreur, ou à un acquiesseur de données, et/ou un

## RELATION OUTIL-OBJECTIF

01. Le choix des relations outil-objectif est toujours dominé par une alternative :
- l'objectif développe des besoins qui se traduisent par la création d'un outil précédée ou non par une phase de recherche ;
  - une phase de recherche a priori aboutit à la création d'un outil et on cherche à quoi il pourrait bien servir (champ d'application d'une recherche préexistante).

02. La première branche de l'alternative se rapporte plutôt à un objectif relativement complexe et suffisamment important pour que cela vaille la peine de développer une recherche méthodologique et/ou technologique. Les composants de l'outil sont alors en général assez simples. En s'en tenant au domaine de l'eau, c'est le cas par exemple de la mise au point de protocoles de mesure (prélèvements et laboratoire) pour la connaissance de la qualité chimique de l'eau ; toute l'action de recherche est axée vers un objectif fixe et parfaitement défini (nature des ions à doser, souci de prélever des échantillons représentatifs).

03. La seconde branche présente une recherche à caractère fondamental ou appliqué, qui s'attachait à résoudre un problème très général, n'ayant pas forcément un but pratique, et en tout cas ne se rapportant pas à une préoccupation immédiate. Elle peut aussi représenter des conséquences non attendues d'une recherche, un prolongement des possibilités d'un outil créé pour d'autres objectifs.

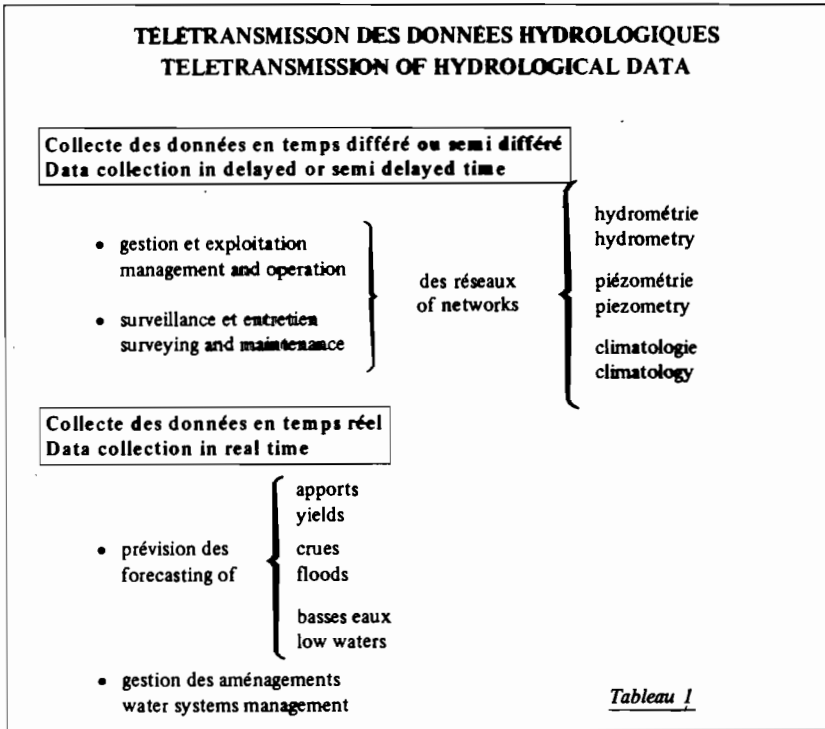
Il s'agit la plupart du temps de techniques avancées, souvent lourdes en apparence, qu'il ne serait pas venu à l'idée de mettre au point pour l'objectif auquel on essaye présentement de les appliquer. C'est bien évidemment le cas de la télétransmission des données hydrologiques par satellite.

## DÉFINITION DES OBJECTIFS

04. En fait, dans notre cas, la démarche est double en ce sens que, en énumérant les objectifs, qui sont réels et bien «sentis» des utilisateurs, on a déjà une idée sur les possibilités de l'outil dans le domaine d'application où on veut l'utiliser.

La définition des objectifs est donnée clairement dans une communication présentée par M. GAGARA et qui sera discutée en détail sous le thème 3 : «Problème des utilisateurs». L'auteur a lié directement les objectifs aux possibilités de l'outil.

05. Ce qui frappe en premier, dans les performances de la télétransmission, c'est en effet la possibilité d'acquisition des données en temps réel (cf. Tableau 1), qui permet de procéder très rapidement à une élaboration des calculs de prévision, et d'aboutir en temps utile aux prises de décision permettant une gestion optimale des aménagements. On peut passer alors à une chaîne complète, partiellement ou totalement automatisée ; soit, pour donner un exemple concret, un schéma d'élaboration et de prise de décision pour la manœuvre d'un barrage en présence d'une crue ou d'une menace de crue (cf. Tableau 2).



06. Mais l'intérêt de la télétransmission ne réside pas uniquement dans le temps réel. Lorsque les pays sont vastes et peu peuplés, les accès difficiles, longs et a fortiori coûteux, recevoir «à domicile» les hauteurs d'eau d'une rivière, les pluies enregistrées à un pluviographe, constitue un avantage indéniable. Une critique, ou même un simple constat, des données transmises (ou leur absence de transmission) fournit le meilleur moyen de surveiller un réseau ; dans les systèmes actuellement opérationnels dans le monde, et je pense notamment au Grand Nord canadien, cette fonction de surveillance est même le rôle essentiel dévolu à la télétransmission. Elle permet d'intervenir à bon escient et de valoriser des déplacements qui coûtent fort cher. Ce besoin a été souvent perçu par les responsables compétents des pays en développement et M. GAGARA ne manque pas de le signaler.

07. Dans le strict sujet de ce séminaire, il faut exprimer très clairement les critères pouvant guider le choix du système de collecte des données hydro-météorologiques. Pour chaque application spécifique, la prise en considération de ces critères devrait permettre d'évaluer comment, parmi l'ensemble des solutions possibles constituant la stratégie, se place la tactique télétransmission par satellite. Comme l'indique le Tableau 3, ces critères se basent sur les aspects

- technologique,
- réglementaire,
- financier.

système de télétransmission. Les deux capteurs les plus importants dans le sujet qui nous occupe sont le limnigraphe et le pluviographe.

(a) Le premier est destiné à repérer le niveau de l'eau dans une rivière, un lac ou toute autre surface d'eau libre et à transmettre l'indication

- à un enregistreur à papier,
- à un codeur permettant de la transmettre soit à un enregistreur magnétique ou à bande perforée, soit à un organe de télétransmission.

Le limnigraphe peut être soit à pression, soit à flotteur. La nature du système de repérage et sa réalisation importent peu au système de télétransmission ; par contre, elles peuvent avoir une importance plus ou moins grande sur la précision, la fiabilité, le coût d'achat et d'entretien de la station de mesure.

(b) Le second mesure en continu le volume de pluie capté par une ouverture qu'on appelle surface de réception. Comment ce volume et sa modulation dans le temps sont reliés au phénomène pluie ? C'est un problème qui ne concerne pas ce séminaire. Suivant les types d'appareil, la variation du volume de pluie recueilli se mesure comme une hauteur d'eau, ou par un comptage de volumes élémentaires, auquel cas la donnée du capteur est initialement sous forme digitale.

Tout capteur destiné à la télétransmission doit être assorti d'un codeur dont le rôle est de changer la forme et, la plupart du temps, la nature du signal pour les rendre compatibles avec la forme et la nature de l'élément mesuré, et joue souvent le rôle d'un convertisseur analogique-digital.

13. Dans le cas de la télétransmission par satellite, l'organe de télétransmission est une « balise » ou plateforme qui comporte :

- un émetteur UHF travaillant quasi généralement dans la bande de fréquence des 402 MHz ;
- une horloge pour le déclenchement des émissions ;
- une antenne appropriée au système de transmission.

Entre l'émetteur et le codeur, un interface, qui est souvent et qui devrait toujours être incorporé à la plateforme, assure la compatibilité électronique entre la sortie codeur et l'entrée émetteur. Il peut comporter un microprocesseur et des mémoires.

14. Le satellite peut être soit géostationnaire, c'est-à-dire apparemment fixe dans le ciel pour un observateur terrestre, soit orbital, c'est-à-dire tournant autour de la Terre suivant une orbite elliptique.

Chaque type de satellite pose des problèmes particuliers dont les représentants des agences spatiales voudront bien nous entretenir. Chacun a ses avantages et ses inconvénients ; j'espère que la discussion générale qui suivra les exposés pourra les dégager.

15. Les stations de réception au sol ont une importance notable dans le choix du système. Suivant les besoins réels de l'utilisateur, notamment s'il désire ou non de la collecte en temps réel, dans l'immédiat, de l'ordre de la minute ou de l'heure, on peut souhaiter une maîtrise plus ou moins complète de la réception. La maîtrise totale est donnée par une station individuelle intégrée au projet, qui permet de s'abstraire de tout circuit de télécommunication extérieur ; de plus, ces stations sont pourvues de miniprocesseurs qu'on peut peut-être utiliser pour un traitement au moins partiel des données reçues et peut-être même pour aller plus loin.

## ASPECT REGLEMENTAIRE

16. Certaines réglementations doivent être mises en œuvre dans toute utilisation de télétransmission par satellite. Elles sont de deux types :

- Réglementation de l'accessibilité au satellite : autorisation, conditions d'admission, ou liberté d'accès, etc. C'est un point qui peut être réglé dans chaque cas en s'adressant aux agences spatiales.
- Réception des balises. Les fabricants ont tout intérêt à faire accepter leurs plateformes par les propriétaires de satellites, ce qui leur permet de garantir aux clients la conformité du matériel ; il s'agit notamment de reconnaître la compatibilité des éléments du système entre eux et avec le satellite.

## ASPECT FINANCIER

17. Il faut enfin que les matériels ne coûtent pas trop cher ; ce sera notre dernier critère de choix mais non le moindre. Ce contrôle du prix s'exerce bien entendu à tous les niveaux de la chaîne d'acquisition des données, du capteur à la station de réception et aux centres de calculs. C'est à chacun de ces niveaux qu'un effort doit être fait pour réduire les coûts. S'il s'agit de comparer des systèmes entre eux, le choix n'est pas très difficile dans la mesure où les prix des matériels et de leur installation sont connus ; encore faut-il ne pas oublier les charges récurrentes, dont les frais d'entretien, et d'effectuer les comparaisons à service rendu et à fiabilité égaux.

Par contre, s'il s'agit de définir l'intérêt de mettre en place un système de télétransmission compte tenu des besoins, en prévision par exemple, il faudrait en toute rigueur estimer le gain d'exploitation par rapport aux dépenses supplémentaires consenties pour l'établissement de ce système. Et c'est bien à ce niveau que se déroule le vrai débat et que réside la vraie difficulté.

## CONCLUSION

18. Dans la mesure où un degré de fiabilité acceptable est d'ores et déjà atteint, et l'expérience montre qu'il l'est ; dans la mesure où les prix des éléments composants permettent de constituer des ensembles dont le prix n'est pas prohibitif, et même dans certains cas compétitifs avec des systèmes connus et généralement moins fiables, et je pense qu'ils le sont ; il faut rechercher les marchés potentiels qui permettront :

- d'abaisser les prix de fabrication par augmentation des séries ;
- d'inciter les constructeurs à entreprendre ou pousser les études qui permettront de mieux adapter le matériel aux objectifs et donc d'abaisser encore le prix de revient.

19. Notre séminaire devrait se pencher sur ces problèmes et tenter, par les échanges et les dialogues qu'il rend possible, de dégager des idées directrices en la matière. L'idée majeure est la suivante :

- Il y a des gens qui disposent d'une technique et qui savent fabriquer des matériels. Ils pourraient améliorer cette technique et ces matériels et les mettre

en œuvre à plus bas prix. Mais cela n'est possible que s'ils ont une garantie raisonnable de marché existant ou potentiel.

- Un abaissement des coûts peut, notamment dans certains cas, être obtenu en spécialisant davantage les matériels. Mais il faut pouvoir le faire sans sortir de la série, donc avec un marché d'une ampleur suffisante.
- Il y a d'autres gens qui ont des problèmes de collecte de données en temps réel, notamment pour la gestion des aménagements d'eau, de surveillance et d'exploitation de réseaux hydrométéorologiques. Ils ne connaissent pas forcément tous les avantages qu'ils peuvent tirer de la télétransmission par satellite ; ils sont peut-être parfois effrayés par les coûts de ces techniques qu'ils pensent a priori exorbitants, alors qu'une analyse objective montrera peut-être, pour leur cas précis, que cette solution est la plus économique.

La première chose était, semble-t-il, de faire se rencontrer les différentes parties intéressées. C'est ce que les organisateurs de ce séminaire tentent de faire aujourd'hui.

