

Les signaux du vivant et leur traitement

Jean-Louis Coatrieux, Laboratoire de Traitement du Signal et de l'Image, Inserm, Université de Rennes 1, Rennes

Les signaux du vivant sont sous-tendus par des mécanismes complexes, rarement réductibles à des sources élémentaires. Leur émission peut être spontanée ou évoquée. Leur nature (électrique, mécanique, acoustique,...), les propriétés des tissus dans lesquelles ces signaux se propagent, la localisation des capteurs (extra - ou intra-corporelle) et leur arrangement (en matrice ou en réseau), leur caractère hétérogène ou pas (multivariable par exemple) vont déterminer l'information qu'il sera possible d'extraire sur la fonctionnalité d'une sous-structure, d'un organe ou d'un système à des fins diagnostiques. Les technologies ne sont ici plus seulement une ressource mais un élément devant évoluer simultanément avec le traitement de l'information ou le faisant évoluer par leur dynamique propre (les microtechnologies en sont un bon exemple dès aujourd'hui).

Contrairement à ce qu'il peut laisser supposer au premier abord, le traitement du signal est loin d'être un domaine compact, unifié. Sa diversité oblige bien souvent à le segmenter en théories, en familles de pensées, en méthodes parfois très distantes les unes aux autres. Il est parcouru et nourri, en amont, de concepts provenant des mathématiques comme de la physique, en aval, de domaines applicatifs extrêmement variés. Restauration, réduction de bruit, détection, estimation, classification, localisation, fusion, codage et compression sont quelques uns des mots clés qui l'identifient.

Il est clair que nous disposons de théories éprouvées et d'outils performants dès lors que les hypothèses de stationnarité sont valides. C'est cette restriction qui a motivé, pour partie tout au moins, les avancées récentes (temps-échelle, temps-fréquence qui seront illustrés par quelques exemples). Les signaux non-stationnaires correspondent en effet à la majorité des situations réelles rencontrées dans le vivant (avec de plus, l'absence de « vérité-terrain » qu'il faut comprendre comme l'impossibilité de maîtriser les entrées et d'observer toutes les sorties des systèmes mis en jeu). Or ces situations non-stationnaires sont porteuses d'information qu'il s'agisse d'évènements brefs (qui possèdent une localité temporelle), de dérives (se traduisant par des changements progressifs) ou de ruptures (changements brutaux de comportements).

Cependant, une algorithmie, aussi novatrice et séduisante soit elle, ne peut *de facto* apporter de réponses pertinentes qu'à des questions physiologiques elles aussi pertinentes. Il est alors important d'équilibrer des vues purement externes par des approches fondées sur une connaissance approfondie des mécanismes ou des processus observés, autrement dit la physiopathologie (ce qui, dans d'autres domaines, signifie la physique des milieux). Cet exercice, fondamentalement pluridisciplinaire, est loin d'être évident. La modélisation mathématique devient alors une composante naturelle de cette démarche. Elle a des vocations multiples allant de la compréhension de processus et de systèmes complexes associant plusieurs échelles de description (d'où la notion de « physiologie intégrative ») à la simulation réaliste, de l'optimisation des conditions d'observation (ce qui peut se traduire comme des acquisitions guidées par le modèle) à l'identification des modèles. Des exemples en seront donnés en neurologie et en cardiologie.