

# Télémédecine

F. Brunet – 28 octobre 2010

# Définition

Idée générale :

*Faire voyager les informations plutôt que les patients*

Selon le CNOM (Conseil National de l'Ordre des Médecins) :

*La télémédecine est une des formes de coopération dans l'exercice médical, mettant en rapport à distance, grâce aux technologies de l'information et de la communication, un patient (et / ou les données médicales nécessaires) et un ou plusieurs médecins et professionnels de santé, à des fins médicales de diagnostic, de décision, de prise en charge et de traitement dans le respect des règles de la déontologie médicale.*

# Définition

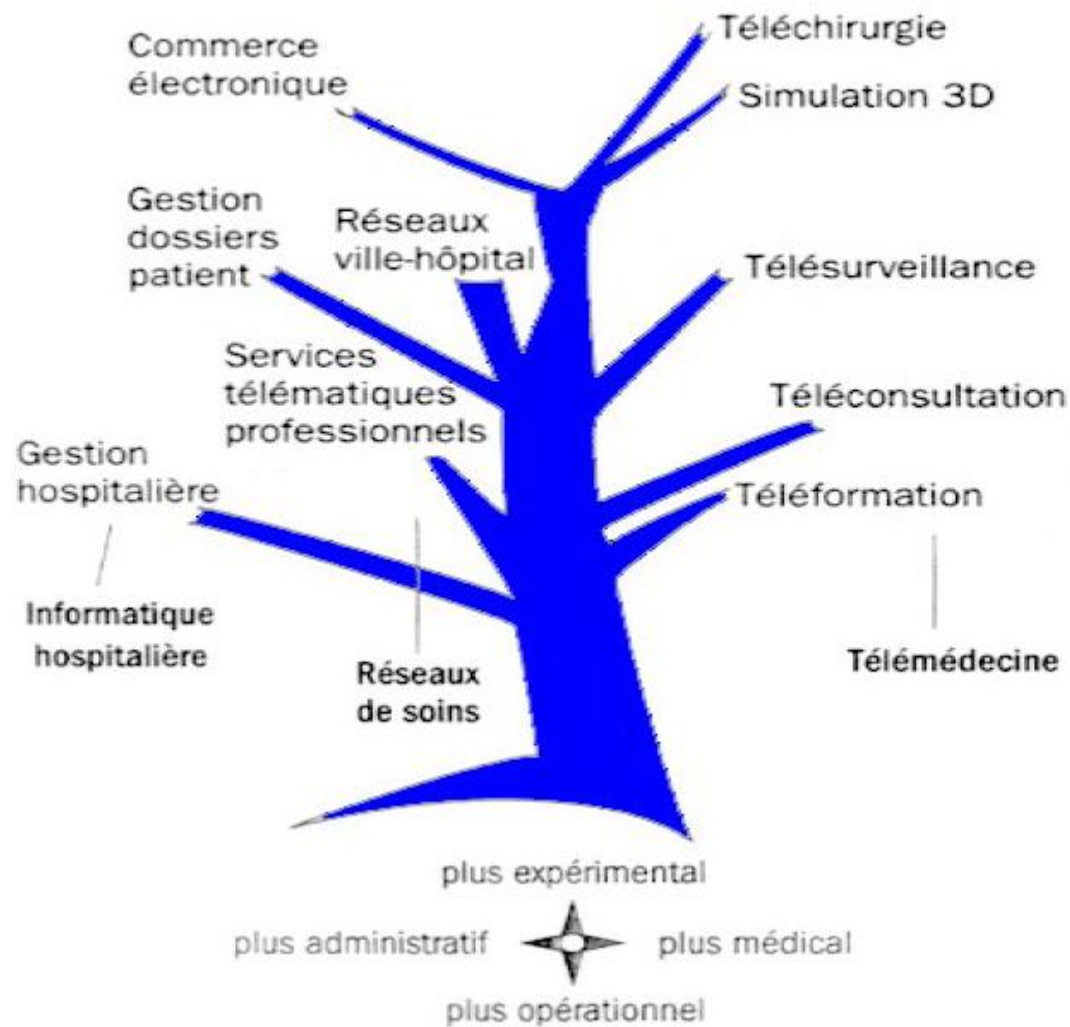
Plus simplement :

- « Exercice de la médecine à distance »
- S'affranchir des distances
- Utilisation des TIC

De plus :

- Sous-ensemble de la télésanté pratiqué par des professionnels réglementés
- Acte de TM est un acte de médecine à part entière

Figure 1 **Les applications de la télématique de santé**



# Domaines

Les grands domaines concernés par la TM :

- Diagnostic
- Traitement (et coordination)
- Recherche
- Évaluation
- Formation

# Exemples de spécialités

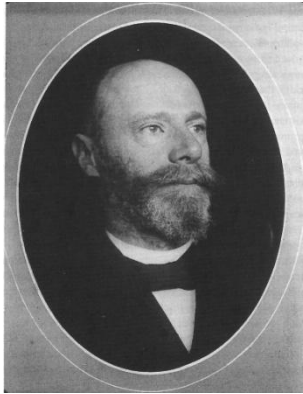
- **Téléconsultation** : consultation, diagnostic et suivi du patient à distance ;
- **Télé-Expertise** : demande d'un deuxième avis à un médecin référent (Médecin Expert)
- **Téléassistance à domicile** : téléalarme pour personnes âgées, femmes enceintes, handicapés...
- **Téléassistance des voyageurs isolés** : nautisme, montagne, trekking ...
- **Télésurveillance** : surveillance du patient à distance
- **Téléformation (e-learning)** : formation et enseignement médical à distance
- **Télé-Medico-Social** : encadrement du patient maintenu à domicile
- **Télétransmission** : transferts d'informations médicales entre professionnels de santé et patient (Réseaux de soins)
- **Télé-Radiologie** : interprétation d'examens radiologiques à distance (diagnostic et expertise)
- **Télé-Chirurgie** : opération chirurgicale assistée à distance par ordinateur
- **Télé-Psychiatrie** : consultation, diagnostic et suivi d'un patient par un psychiatre
- **Télé-Staff** : réunion de professionnels de santé en visioconférence

# Historique

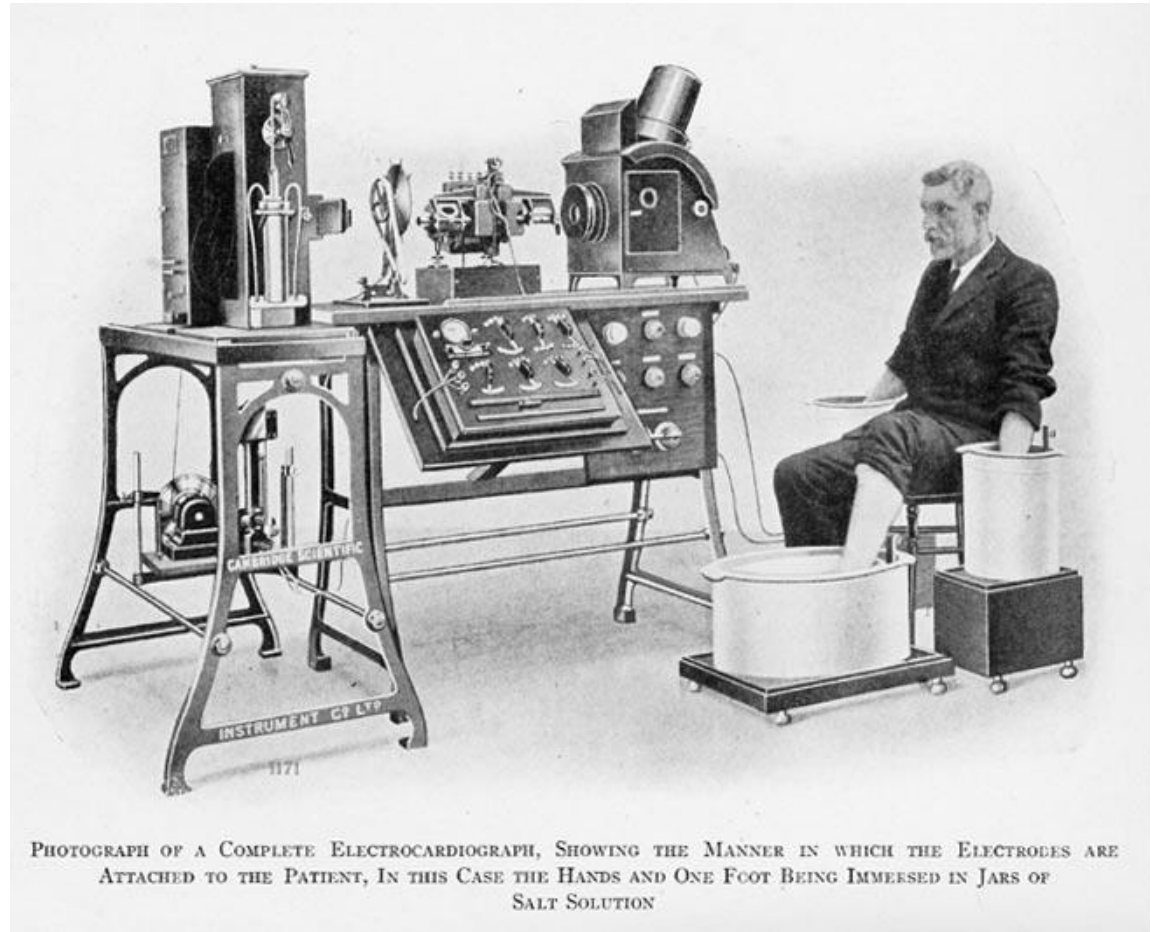
L'histoire de la TM est liée à l'évolution des TIC

- 1876 : invention du téléphone
- 1905 : transmission d'un électrocardiogramme (ECG) à 1,5 km (Willem Einthoven)
- 1910 : stéthoscope + téléphone
- 1920 : invention de la télévision
- 1948 : transmission d'image radiographique par téléphone à 38 km (USA)
- 1959 : consultation de psychiatrie (vidéo)
- 1974 : TCP/IP
- 2001 : opération Lindbergh (chirurgie)
- 2008 : conférence médicale sur Second Life

# Transmission d'un ECG (1905)



Willem Einthoven





# Historique

Globalement :

- Distance de plus en plus grande
- Données de plus en plus complexes
  - Voix
  - Image
  - Vidéo
  - Signaux complexes (mouvements, etc.)

# Télémédecine : pourquoi ?

- Initialement : couverture sanitaire en territoire isolé
- Constat
  - Augmentation des maladies chroniques
    - Vieillissement de la population
    - Amélioration de la qualité de vie
    - Coût
  - Organisation du territoire
    - Concentration urbaine
  - Disparité dans la répartition des équipements et des spécialistes

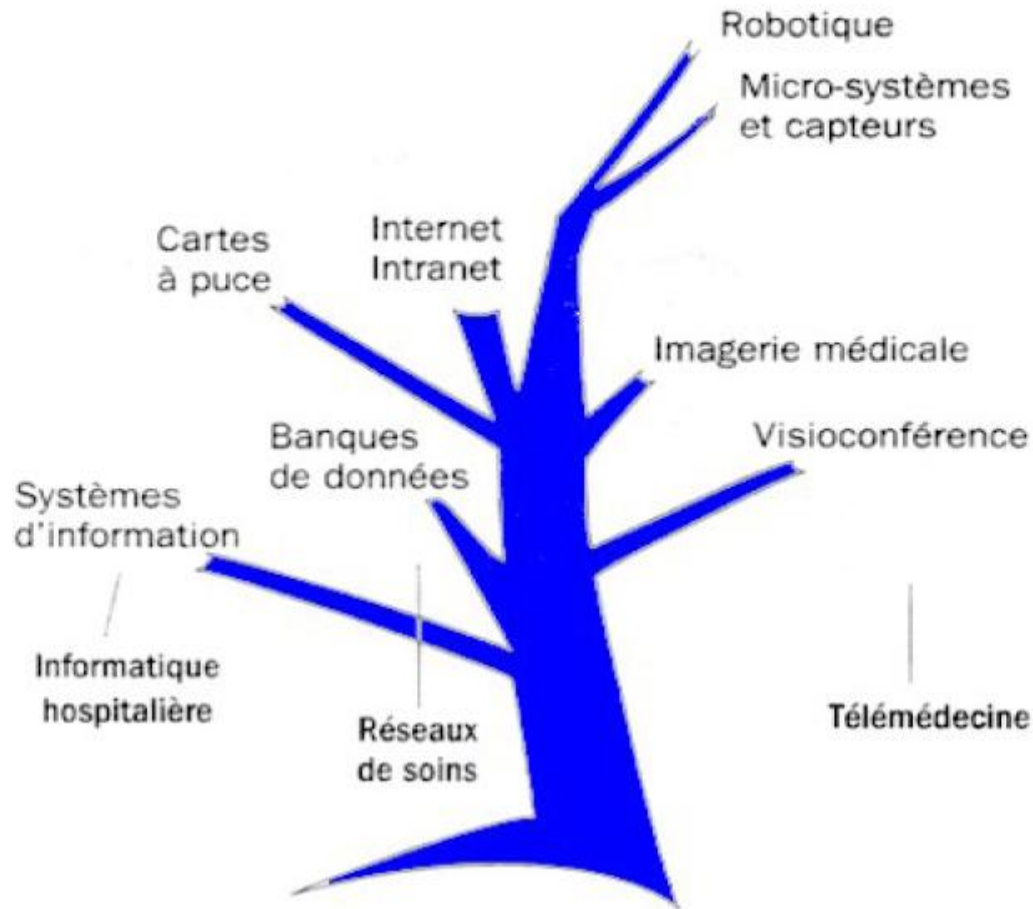
# Télémédecine : pourquoi ?

- Accès aux soins
  - La TM abolit les distances
  - La TM rééquilibre les ressources
  - Accès aux zones difficiles (bateaux, prisons)
- Amélioration des soins
  - Pluridisciplinarité facilité
  - (Suivi de grossesses à risque)
  - Prévenir les complications sans déplacement du patient
- Amélioration de la qualité de vie
- Coût
  - Peu d'études rigoureuses à ce sujet

# TIC concernées

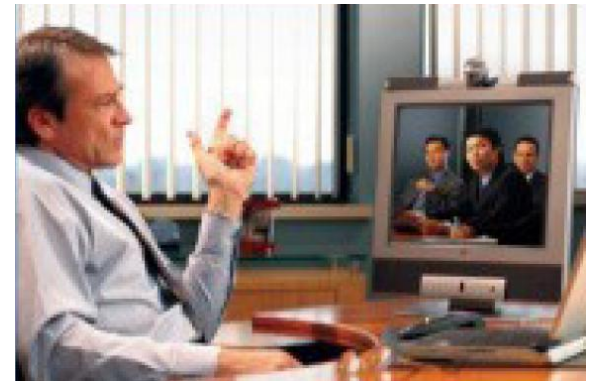
- Réseaux (et sécurité)
- Imagerie médicale
- Traitement du signal
- Synthèse d'image
- Réalité augmentée
- *etc.*

## Figure 2 Les technologies, supports des applications



# Téléconsultation

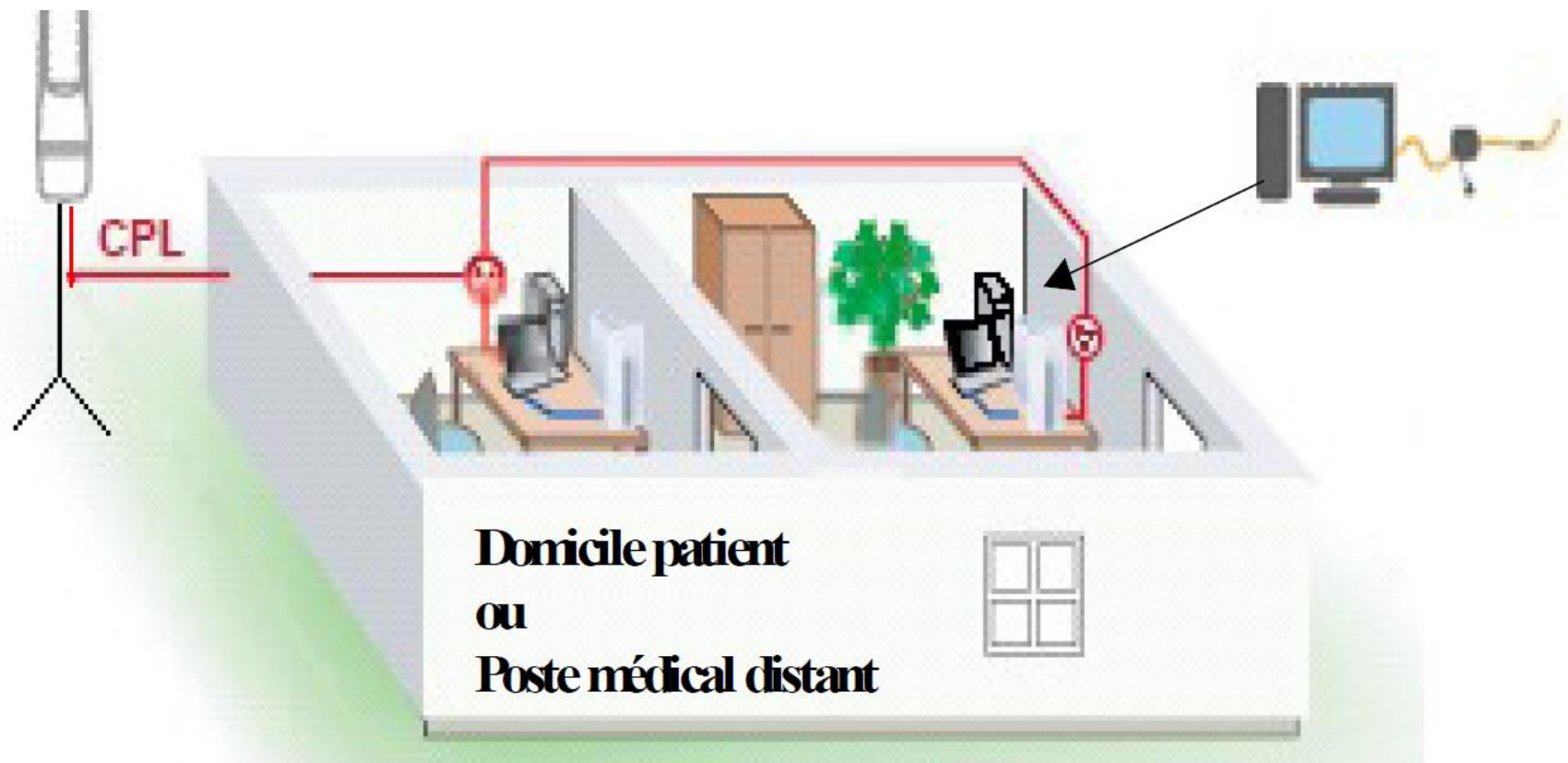
- Possibilité pour un patient d'accéder directement à distance à une consultation médicale ou paramédicale
  - Moyens
    - Téléphone
    - Visioconférence
    - 3G
  - Résultats attendus :
    - Diagnostic
    - Prescription



# Téléconsultation

- Nombreux champs d'application
  - Hôpital <-> domicile du patient
  - Cabinet médecin <-> unité médicalisée mobile
  - *etc.*
- Permet le désenclavement
- Exemple : projet Altermed
  - Service de télésanté à destination de patients habitants en zone rurale en vue d'améliorer leur prise en charge durant leur hospitalisation à domicile
  - Sites pilotes : Belle-Île, Houat

# Téléconsultation





# Téléconsultation

- Limitations
  - Manque de présence physique (les attitudes corporelles peuvent parfois aider pour établir un diagnostic)
  - Manque de cadre juridique pour l'utilisation d'appareils télécommandés
  - Équipements de télécommunication disponibles

# Téléconsultation

- En France :
  - Autorisé depuis la semaine dernière !
  - Décret de la loi « hôpital, patients, santé et territoire »
  - Accepté pour palier au manque de spécialistes en zone rurale
  - « bobologie » pour beaucoup de médecins
  - Conseil de l'ordre : pas de prescription à distance
- En Suisse
  - Société Medgate

# Télé expertise

- Possibilité pour un professionnel de santé d'obtenir à distance un avis sur le cas d'un patient
  - Avec ou sans la participation du patient
  - Nécessite le plus souvent la mise en commun du dossier médical multimédia d'un patient
    - Texte : examens de biologie
    - Images fixes : radiographies
    - Images animées : échographies
    - Sons : auscultation, doppler
  - Serait utilement accompagné de télémanipulation
    - Echographie

# Télé expertise

- Communications
  - Synchrones (visioconférence)
  - Asynchrones (centre d'expertise : Santeos, e-Radiologie)
- « Learning curve »
- Voir la présentation « Transmission d'images et visioconférence pour une activité d'angioplasties coronaires »

# Télé staff

- Dissémination du savoir
- Doublement des connaissances médicales tous les 7 ans
- Coût (temps et argent) des conférences
- Anecdote : conférence sur SecondLife

# Télesurveillance

## Plan

- Objectifs et définition
- La chaîne de l'information
  - Acquisition
  - Traitement
  - Communication
- Les capteurs et les signaux
- Outils techniques

# Télesurveillance

- Télésurveillance ou *télévigilance* ou *monitorage à distance* ou *télémonitorage*
- Objectifs
  - Maintient à domicile :
    - De personnes souffrant de maladies chroniques
    - De personnes « fragiles »
  - Enjeu de santé publique :
    - Réduction des temps d'hospitalisation
    - Économies importantes

# Télesurveillance

- Mesurer et contrôler à distance des paramètres essentiels pour le diagnostic de la bonne santé physique (ou mentale)
- Respecter les règles de confidentialité
- Assurer le retour d'information vers la personne suivie
- Maintenir l'intégrité des données pendant :
  - leur transfert
  - leur traitement

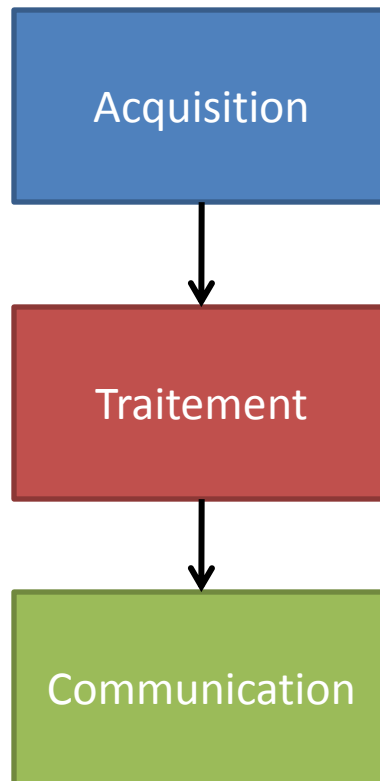


# Télesurveillance

- Développement intensifié depuis une dizaine d'années puisque :
  - Miniaturisation des technologies
  - Développement des méthodes de traitement du signal
  - Les techniques de télécommunications se sont démocratisées (« sans fil »)
  - La production de masse permet d'atteindre des coûts raisonnables

# Télesurveillance

- Chaîne d'information :



# Télesurveillance

## 1) Acquisition

- Capteurs et instruments permettant d'acquérir :
  - signaux physiologiques généraux
    - poids, tension artérielle, fréquence cardiaque, ...
  - signaux spécifiques à une pathologie
    - taux de glycémie, taux d'oxygène dans le sang, ...
  - mais aussi :
    - conditions environnementales (température, hygrométrie, luminosité, niveaux sonores, ...) : le domicile du patient n'est pas aussi contrôlé qu'une chambre d'hôpital
    - déplacements, mouvements, activités

# Télesurveillance

## 2) Traitement

- Traitement des signaux issus des capteurs
- Analyse
  - Fréquentielle (transformée de Fourier)
  - Temporelle (ondelettes)
  - Combiné (analyse temps-fréquence)
- Capteurs « intelligents » :
  - Traitement embarqué
  - Temps de réaction plus courts
  - Autotests sur la qualité de l'information
- Fusion de données

# Télesurveillance

## 3) Communication

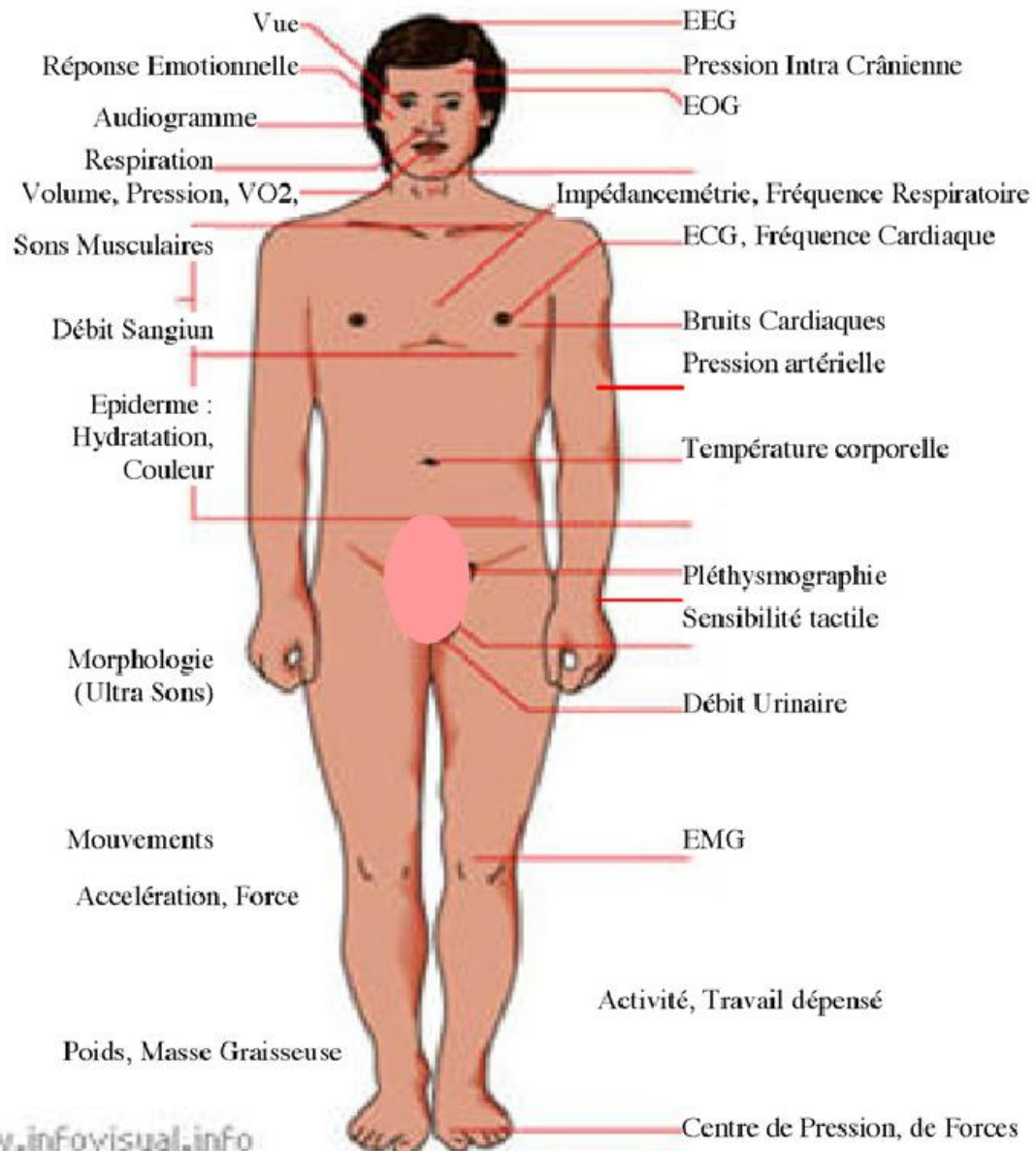
- Types de réseaux
  - Sans fils (WiFi)
  - Internet
  - Connexion satellite
  - *etc.*
- Dimensionnement des réseaux

# Télesurveillance

## Les capteurs

- Ne pas perturber l'objet de la mesure (effet « blouse blanche »)
- Être le moins invasif possible (confort, asepsie, sécurité)
- Du coup, mesures indirectes au travers de la peau
  - « y'en a partout ! » : de 1,5 à 2,3 m<sup>2</sup>
  - Les systèmes de mesure indirecte à travers la peau existent depuis longtemps

# Télesurveillance



# Télesurveillance

- Principaux paramètres relevés :
  - Fréq. cardiaque et respiratoire
  - Respiration : pression, volume, volume d'oxygène
  - Pression artérielle, débit sanguin
  - Mouvements et postures
  - émotions



# Télesurveillance

- Des signaux de natures variées :
  - Électriques
    - signaux du cœur (ECG), des muscles (EMG), du cerveau (EEG), des yeux
    - Signaux très faibles (millivolt pour l'ECG, microvolt pour l'EEG)
  - Mécaniques
    - Pression artérielle, postures, poids, forces
    - Capteurs de pression, d'accélération (« Wiimote »)
  - Thermiques
  - Optiques
  - Acoustiques
  - Ultrasonores

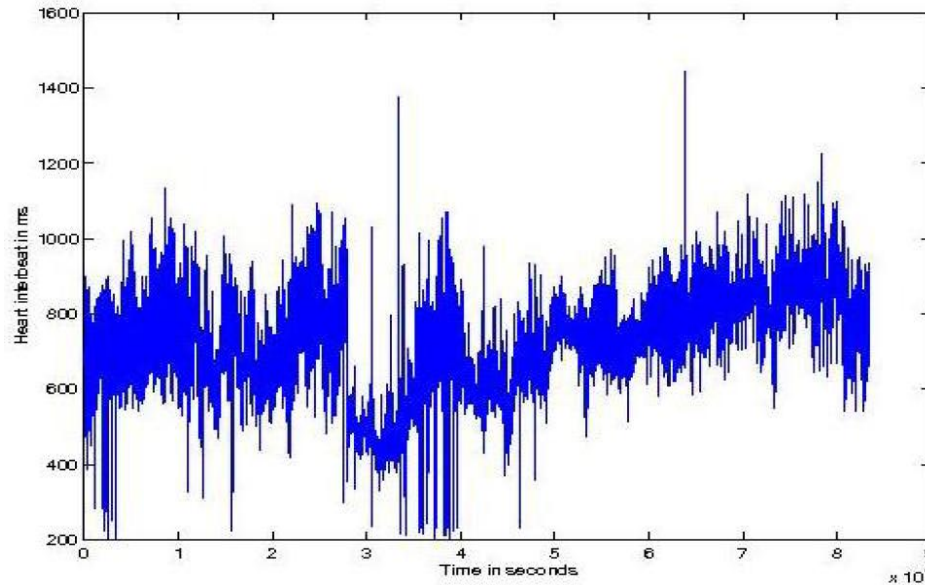
# Télesurveillance

## **Outils techniques**

- Analyse spectrale
- Analyse en ondelettes
- Fusion de données

# Analyse spectrale

- Transformée de Fourier
- Outil global pour décrire la régularité d'un signal
- Exemple : ECG

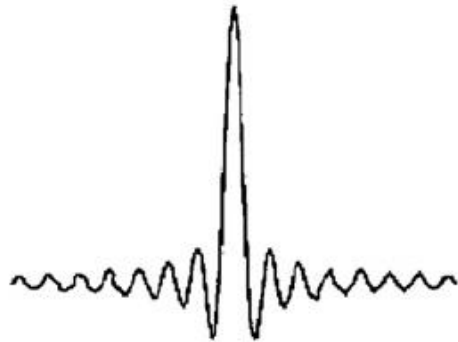


# Analyse en ondelettes

- Inconvénient de l'analyse spectrale : n'indique pas à quel instant une composante spectrale est apparue
- Solution : analyse « temps fréquence » ou analyse « multi résolution » (MRA)
- Parmi les MRA : analyse en ondelettes



Haar



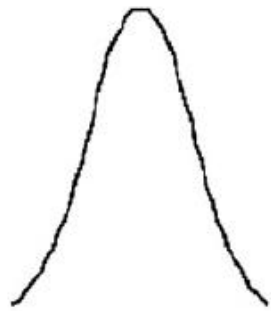
Shannon or Sine



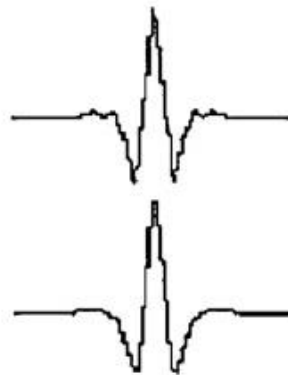
Daubechies 4



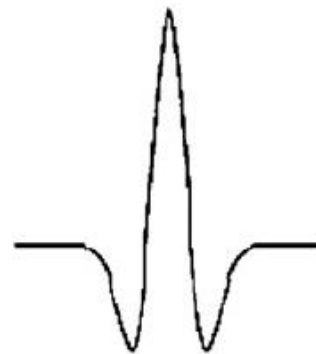
Daubechies 20



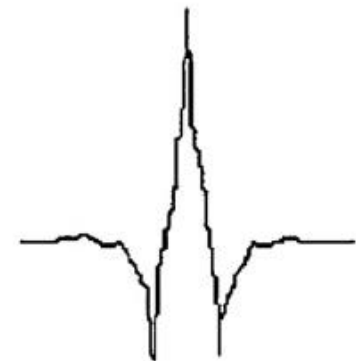
Gaussian or Spline



Biorthogonal



Mexican Hat



Coiflet

# Fusion de données

- Combiner des données :
  - multisources
  - provenant de sources différentes
- pour une information résultante de meilleure qualité

# Quelques exemples



The diagram illustrates the WEALTHY system architecture. A central 'Hospital Central Monitoring System' (represented by a server rack) is connected to various components: 'Patient' (via 'Wireless Communication'), 'Doctor' (via 'Ethernet'), 'Modem Doctor' (via 'Modem'), and 'Doctor' (via 'Wireless Communication'). Three circular insets show close-ups of the smart fabric: one with a grid pattern, one with a woven texture, and one showing a sensor element. The advertisement on the right features a woman in a blue smart fabric dress, with the word 'WEALTHY' written in a red, flowing script. Below the image, the text reads 'Wearable Health Care System' and a quote: 'Il y a quelque chose dans la texture de la vie qui n'est ni âme ni corps, mais pure évolution créatrice...'. At the bottom, contact information for Milior S.p.A. is provided, along with the website [www.wealthy-ist.com](http://www.wealthy-ist.com) and a note that the system is supported by the 5th Framework IST Programme of the European Union.

Contact: Milior S.p.A.  
Rita Paradiso Project Co-ordinator  
via Pistoiese, 755 D  
59100 Prato  
Italy

tel: + 39 050 754350  
fax: + 39 050 754351  
e-mail: info@smartex.it

[www.wealthy-ist.com](http://www.wealthy-ist.com)

WEALTHY is supported by the 5th Framework IST Programme of the European Union

# Quelques exemples

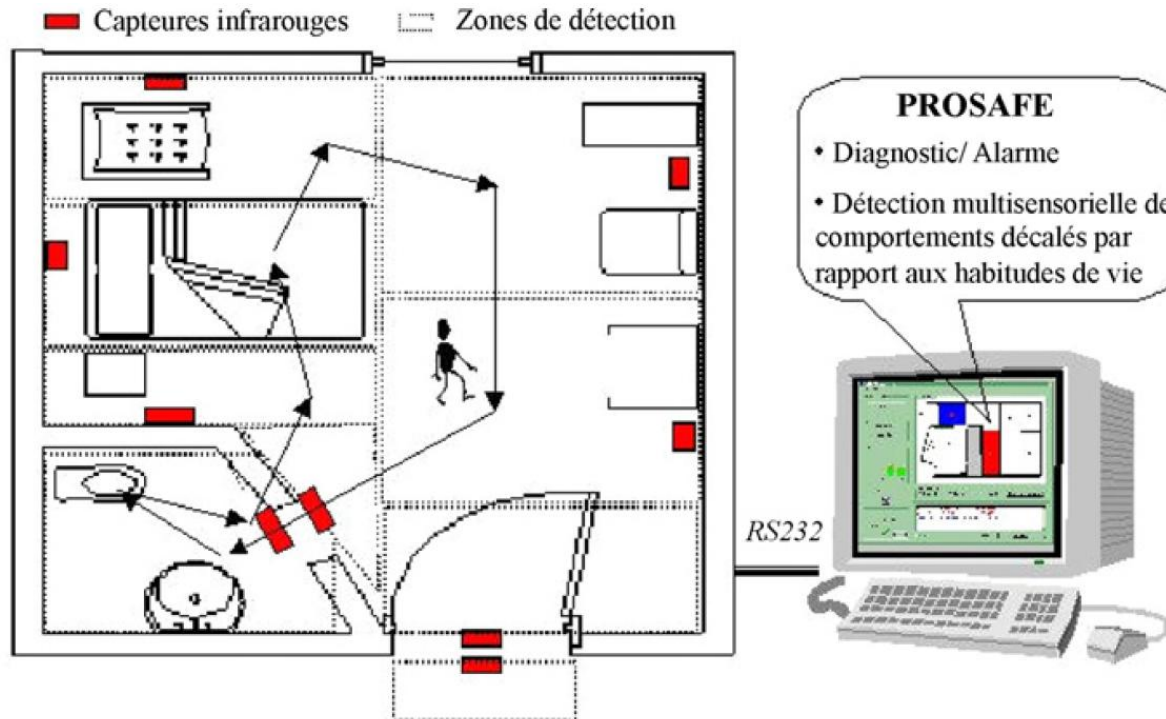


Fig. 8. Le système GARDIEN développé par l'INSERM U558 et le système PROSAFE développé par le LAAS, à Toulouse, permettent de surveiller les errances nocturnes dans une chambre hospitalière.



# Quelques exemples

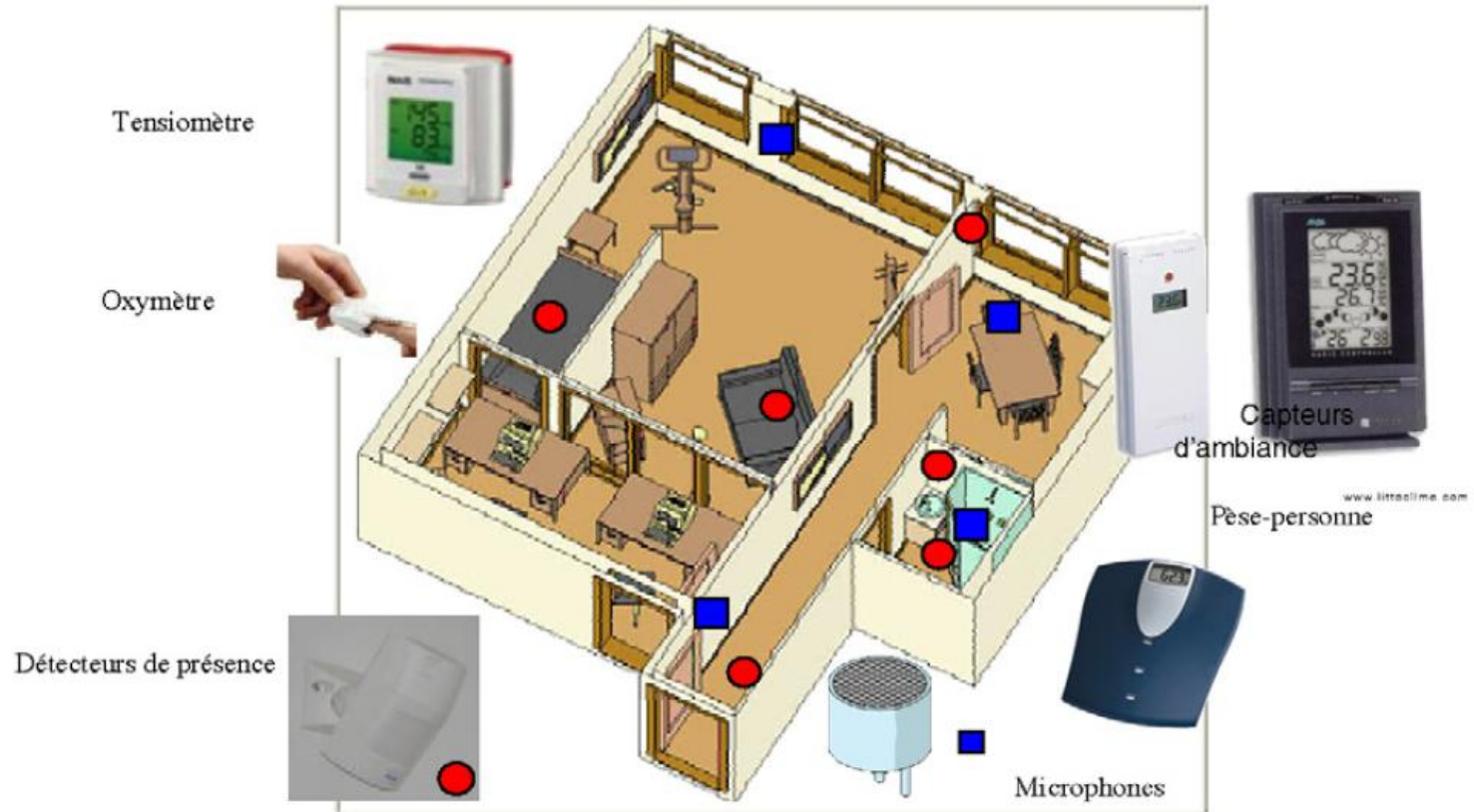


Fig. 9. Le HIS du laboratoire TIMC-IMAG de Grenoble est un système domotique multicapteurs.

# Téléchirurgie

- Opération d'un patient à distance
- Première opération :
  - Opération « Lindbergh »
  - Septembre 2001
  - Chirurgien à New York, patiente à Strasbourg
- Vidéo : Jacques Marescaux (42'44)

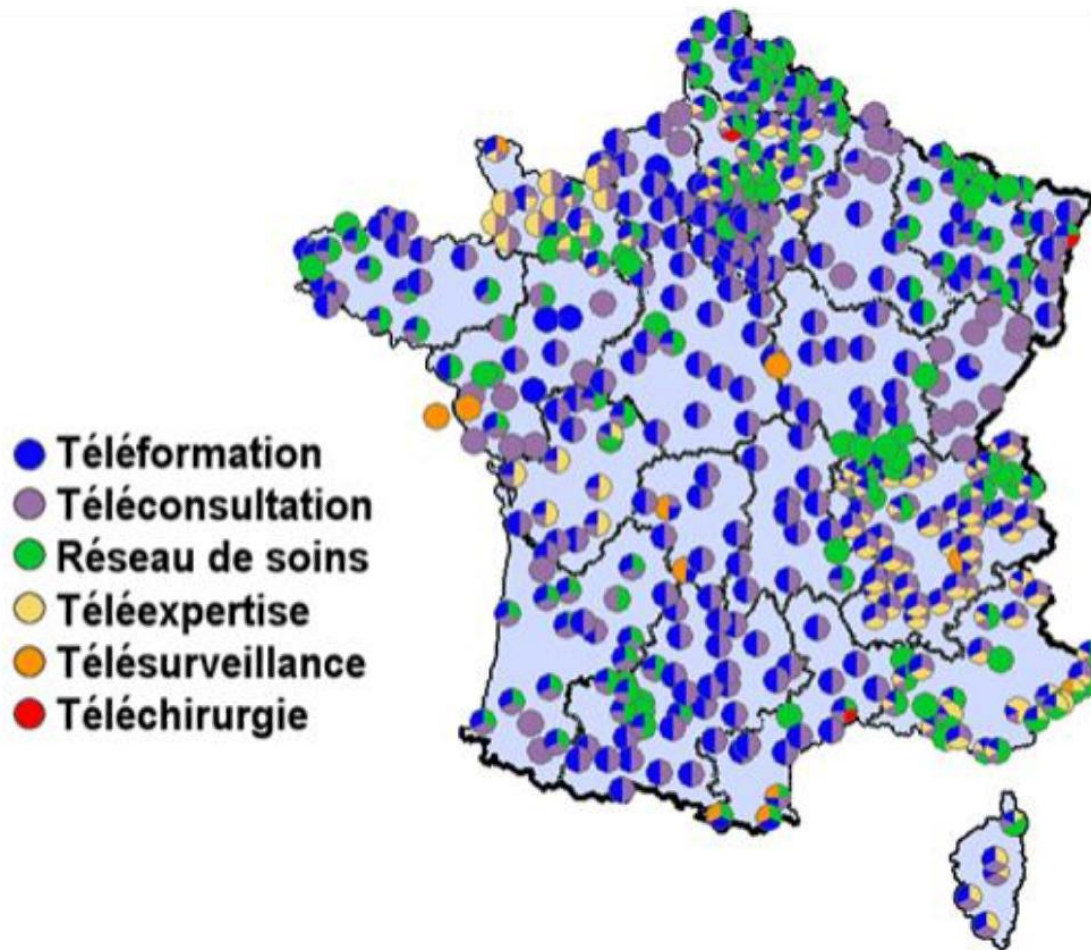
[http://www.canal-u.tv/producteurs/universite\\_de\\_tous\\_les\\_savoirs/dossier\\_programmes/les\\_conferences\\_de\\_l\\_annee\\_2004/les\\_nouvelles\\_therapies\\_soigner\\_demain/la\\_robotique\\_medicale\\_et\\_la\\_telemedecine](http://www.canal-u.tv/producteurs/universite_de_tous_les_savoirs/dossier_programmes/les_conferences_de_l_annee_2004/les_nouvelles_therapies_soigner_demain/la_robotique_medicale_et_la_telemedecine)

# Téléformation

- Objectif : enseignement à distance
- Enseignements pour :
  - Étudiants
  - Professionnels de santé
- Auto-formation principalement

# Téléformation

- An 2000, France : + 800 projets de télémédecine
- Téléformation : une des applications les plus courantes

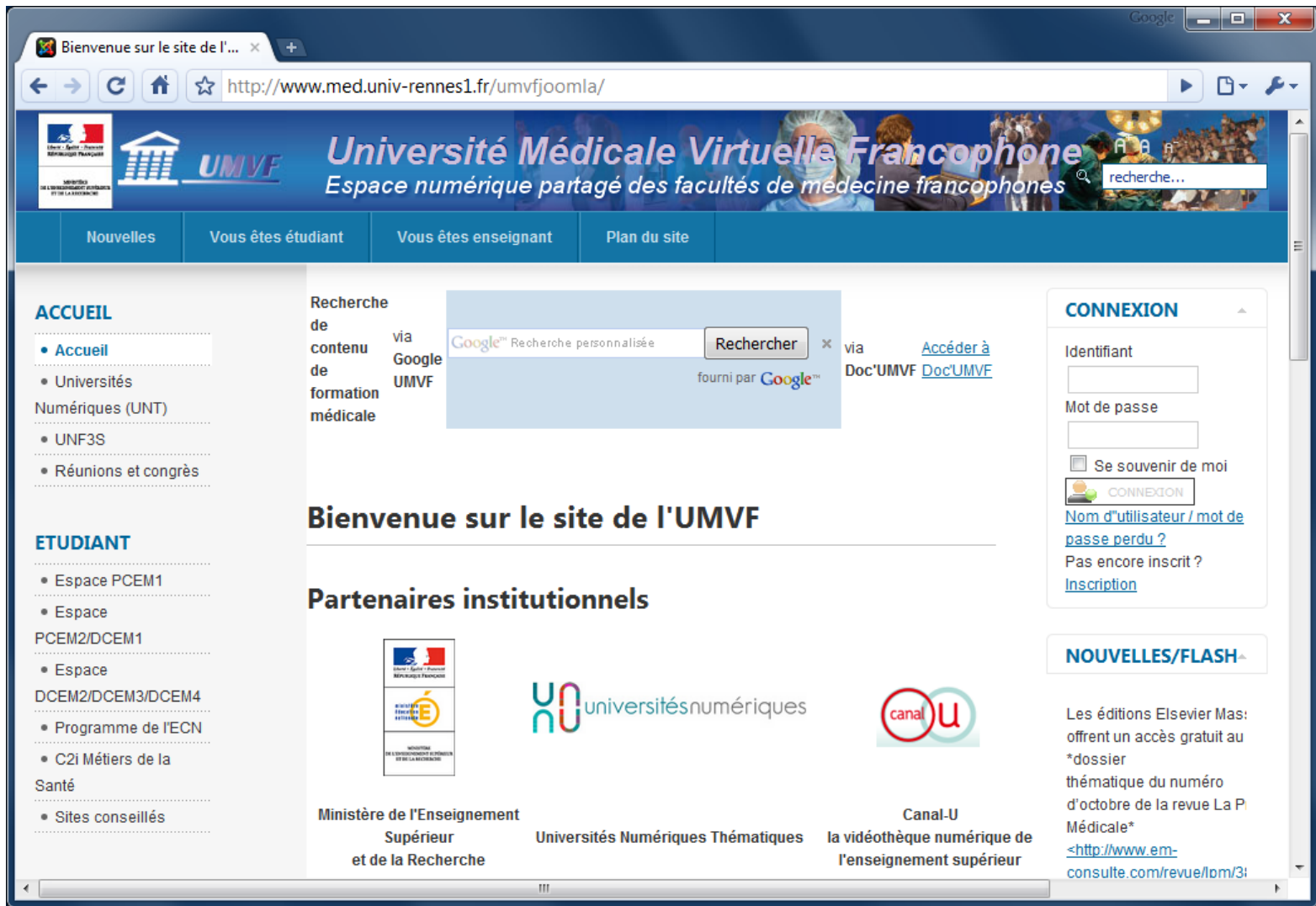


# Aspects « techniques »

- HTML basique n'est plus suffisant
- Contenu interactif et animé
  - « Rich Media presentation »
  - Vidéos
  - *etc.*

# Exemple

- Exemple : [www.umvf.org](http://www.umvf.org)



The screenshot shows a web browser window displaying the homepage of the Université Médicale Virtuelle Francophone (UMVF). The browser's address bar shows the URL <http://www.med.univ-rennes1.fr/umvfjoomla/>. The website header features the UMVF logo and the text "Université Médicale Virtuelle Francophone" and "Espace numérique partagé des facultés de médecine francophones". A search bar is visible in the top right corner.

The main navigation menu includes links for "Nouvelles", "Vous êtes étudiant", "Vous êtes enseignant", and "Plan du site".

The left sidebar contains a "ACCUEIL" section with links to "Accueil", "Universités Numériques (UNT)", "UNF3S", and "Réunions et congrès". Below this is an "ETUDIANT" section with links to "Espace PCEM1", "Espace PCEM2/DCEM1", "Espace DCEM2/DCEM3/DCEM4", "Programme de l'ECN", "C2i Métiers de la Santé", and "Sites conseillés".

The main content area features a search bar with the text "Recherche de contenu de formation médicale" and "via Google UMVF". The search bar is labeled "Google™ Recherche personnalisée" and "fourni par Google™". A "Rechercher" button is present. To the right of the search bar, there are links for "Accéder à Doc'UMVF" and "Doc'UMVF".

Below the search bar, the text "Bienvenue sur le site de l'UMVF" is displayed. Underneath, the "Partenaires institutionnels" section lists three logos: the "Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche", "Universités Numériques Thématiques", and "Canal-U la vidéothèque numérique de l'enseignement supérieur".

On the right side, there is a "CONNEXION" section with input fields for "Identifiant" and "Mot de passe", a "Se souvenir de moi" checkbox, and a "CONNEXION" button. Below the button are links for "Nom d'utilisateur / mot de passe perdu ?" and "Pas encore inscrit ? Inscription".

At the bottom right, there is a "NOUVELLES/FLASH" section with the text: "Les éditions Elsevier Mas: offrent un accès gratuit au \*dossier thématique du numéro d'octobre de la revue La P. Médicale\* <<http://www.em-consulte.com/revue/lpm/3/>>".

# Conclusion

- TM : exercice de la médecine à distance
- Ne pas déplacer inutilement les patients
- Améliorer globalement :
  - La qualité des soins
  - La qualité de vie des patients
  - Les coûts
- Forte utilisation des TIC
- Les TIC ne constituent plus le verrou du développement de la TM