



IMT Atlantique
Bretagne-Pays de la Loire
École Mines-Télécom

TAF
«HEALTHCARE ENGINEERING»
«INGÉNIERIE DE LA SANTÉ »

TAF HEALTH

Chafiaa Hamitouche, Département
Images et Traitement de l'Information (ITI)
Myriam Le Goff-Pronost, Département Logique
des Usages, Sciences Sociales et de l'Information (LUSSI)
Vincent Métivier, Département
Physique Subatomique et Technologies Associées (Subatech)

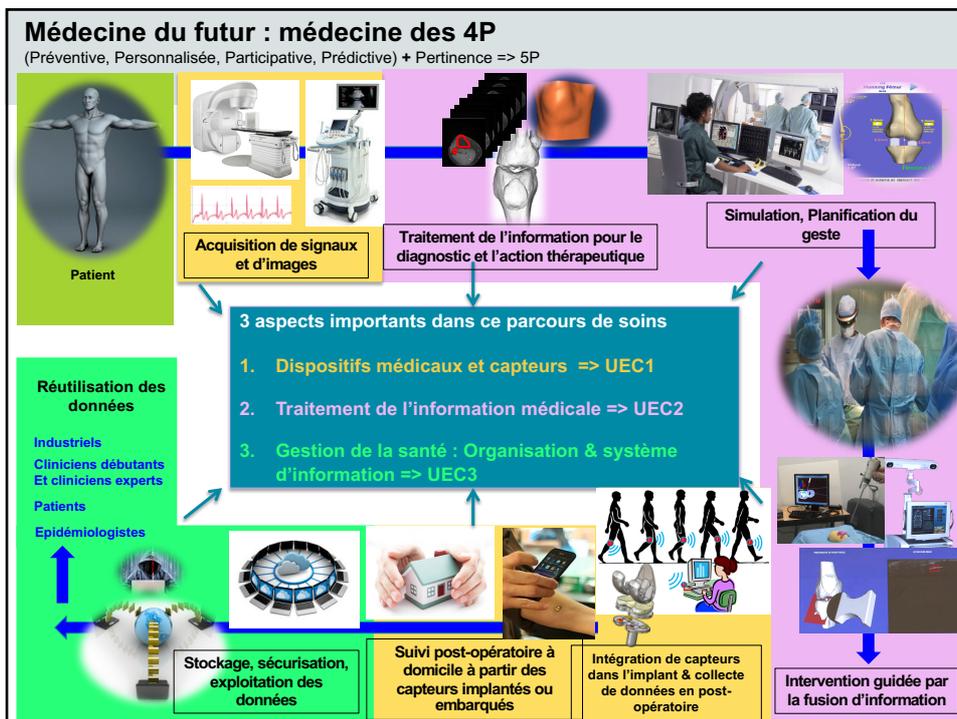
Forum des TAF – Vendredi 19 mars 2021

1

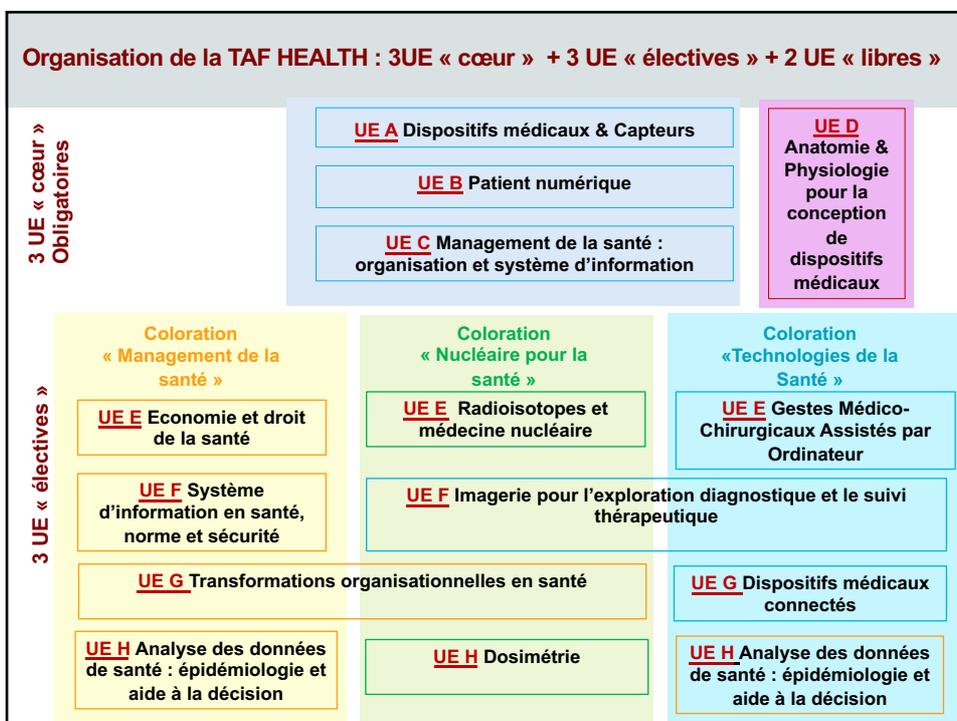
La TAF HEALTH est transversale et un enseignement multidisciplinaire
Quasiment tous les départements d'IMT Atlantique sont impliqués

- ❑ **La TAF HEALTH vise à former des ingénieurs**
 - **Acteurs de la médecine du futur**,
 - capables de comprendre les enjeux et problématiques du domaine médical.
- ❑ **Il s'agit d'acquérir des connaissances à travers un parcours de soins**
 - du capteur à l'analyse des données de santé, en passant par
 - le traitement de l'information,
 - les systèmes d'information de santé,
 - la sécurité,
 - les aspects réglementaires et économiques
- ❑ **Les ingénieurs issus de cette TAF**
 - développeront des **compétences techniques** (matérielles et logicielles) **et managériales**
 - leur permettant d'appréhender au-mieux ce secteur en constante évolution **grâce aux innovations technologiques et numériques**,
 - être force d'innovation.
- ❑ **Spécificités de la TAF**
 - Semestre d'automne à Brest puis deux colorations à Brest et une coloration à Nantes
 - Immersion dans les services Hospitalo-universitaires et intervention de professionnels de santé
 - Convention de partenariat avec l'UFR Médecine
 - Connaissances en anatomo-physiologie

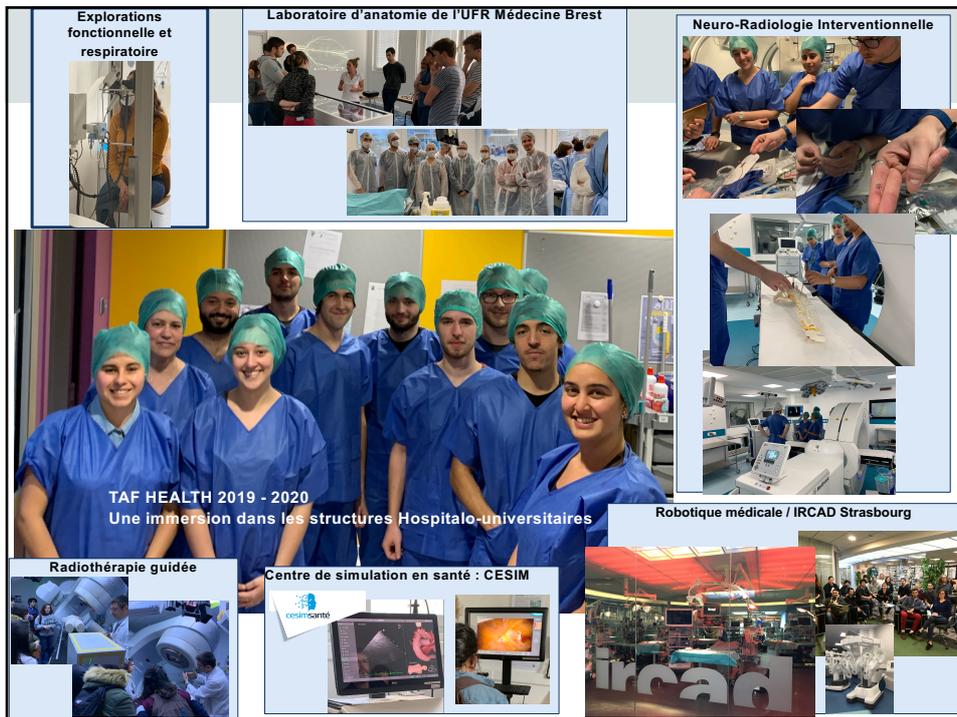
2



3



4

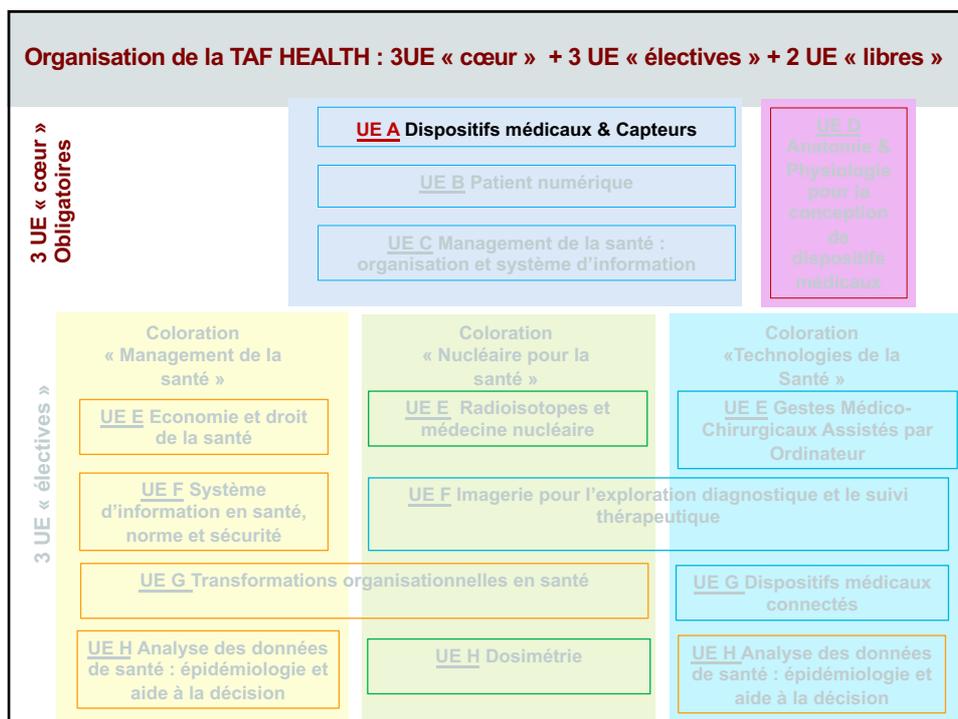


5

Opportunités à l'issue de la TAF HEALTH

- Plusieurs industriels du secteur
- Possibilité de création d'entreprise,
- Orientation vers la Recherche : 2 laboratoires IMT Atlantique LaTIM INSERM , Subatech CNRS

6



7

UE A Dispositifs médicaux & Capteurs
Responsables : Francesco Ferranti, Chafiaa Hamitouche

- ▶ **Vision d'ensemble**
 - pour comprendre l'état de l'art
 - pour concevoir des solutions innovantes en termes de dispositifs médicaux et capteurs
- ▶ **Une équipe pédagogique pluridisciplinaires**



IMT Atlantique
Brest - Pays de la Loire
Cote-Meuse - Occitanie

8

UE A Dispositifs médicaux & Capteurs

► **Principes physiques de l'Imagerie médicale**

► **Capteurs pour la mesure de paramètres physiologiques / biologiques**

9

Organisation de la TAF HEALTH : 3UE « cœur » + 3 UE « électives » + 2 UE « libres »

3 UE « cœur » Obligatoires	UE A Dispositifs médicaux & Capteurs UE B Patient numérique UE C Management de la santé : organisation et système d'information			UE D Anatomie & Physiologie pour la conception de dispositifs médicaux
	3 UE « électives »	Coloration « Management de la santé » UE E Economie et droit de la santé	Coloration « Nucléaire pour la santé » UE E Radioisotopes et médecine nucléaire	Coloration « Technologies de la Santé » UE E Gestes Médico-Chirurgicaux Assistés par Ordinateur
		UE F Système d'information en santé, norme et sécurité	UE F Imagerie pour l'exploration diagnostique et le suivi thérapeutique	UE G Dispositifs médicaux connectés
UE G Transformations organisationnelles en santé		UE H Dosimétrie	UE H Analyse des données de santé : épidémiologie et aide à la décision	
UE H Analyse des données de santé : épidémiologie et aide à la décision				

10

UE B Patient Numérique

Responsables : Pierre-Henri Conze, François Rousseau

I - Traitement des signaux médicaux

Analyse des signaux médicaux

EEG

Task Related: Motor, Sensory, Visual

Stimulus Onset, Button Press

576ms, 25µV, 100ms

ECG

Normal Heartbeat, Fast Heartbeat, Slow Heartbeat, Irregular Heartbeat

Modélisation de phénomènes physiques, biologiques et biomécaniques

bilan clinique
bilan fonctionnel

paramètres 3D du squelette

vidéos
info patient

analyse quantifiée de la marche

cinétique
cinématique

paramètres spatio-temporels

II - Traitement d'images médicales

Segmentation d'images médicales

Recalage d'images médicale

Quantifier une évolution

segmentation / modélisation 3D

recalage CT-MRI

11

UE B Patient Numérique

III - Modèles anatomiques et fonctionnels

Modèles géométriques et statistiques

segmented population of scapula bones from CT scans

new generative model:

3D Mean

3D variations (PCA) + Gaussian Noise

Animation: First 2 principal components (PCs) of the within-size scapula model

Generating 1000 Scapulae using model transition shape parameters...

$$\alpha + \sum_{r=1}^c \lambda_r \gamma_r + \epsilon = Scapula_{new}$$

Morphométrie

child (5 years)

healy adult (30 years)

healy adult (61 years)

healy adult (86 years)

Alzheimer (78 years)

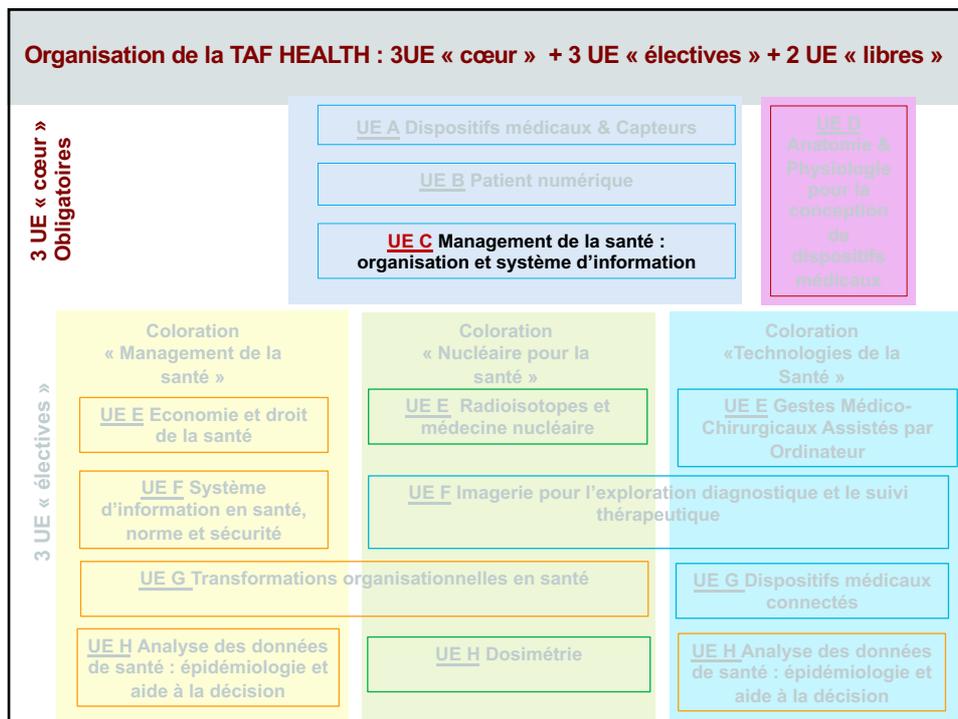
Brain development, aging and diseases for cortical thickness

5
4
3
2
1
0
mm

IV - Projet: challenge segmentation multi-organes en imagerie abdominale

foie
rein droit
rein gauche
rate
prédications

12



13

UE C Management de la santé : organisation et système d'information
Responsable : Myriam Le Goff-Pronost

► **Objectifs :**

- connaître les organisations de santé et comprendre comment elles sont gérées
- identifier les dimensions stratégiques du secteur, notamment en termes d'organisation, de déploiement des innovations, d'organisation des systèmes d'information, de la sécurité, des règles de droit et d'éthique

► **Mots clés :** Santé publique, Responsabilité, Données de santé, Organisation, Protection des données, Ethique, Système d'information hospitalier, Sécurité, Normes

► **Enseignants :** Myriam Le Goff-Pronost, John PUENTES, Bénédicte GEFFROY, Gouenou COATRIEUX, Annie BLANDIN, Vincent NOURRIT, Romain LOCEINT

► **Extérieurs :**

- Saber Aloui, DSI GHT Sud Bretagne
- Guirrec Hillion, Chargé des Projets Techmed & e-Santé, ID2Santé
- Willy Allegre, ingénieur CMRRF Kerpape

C : Management de la santé : organisation et système d'information

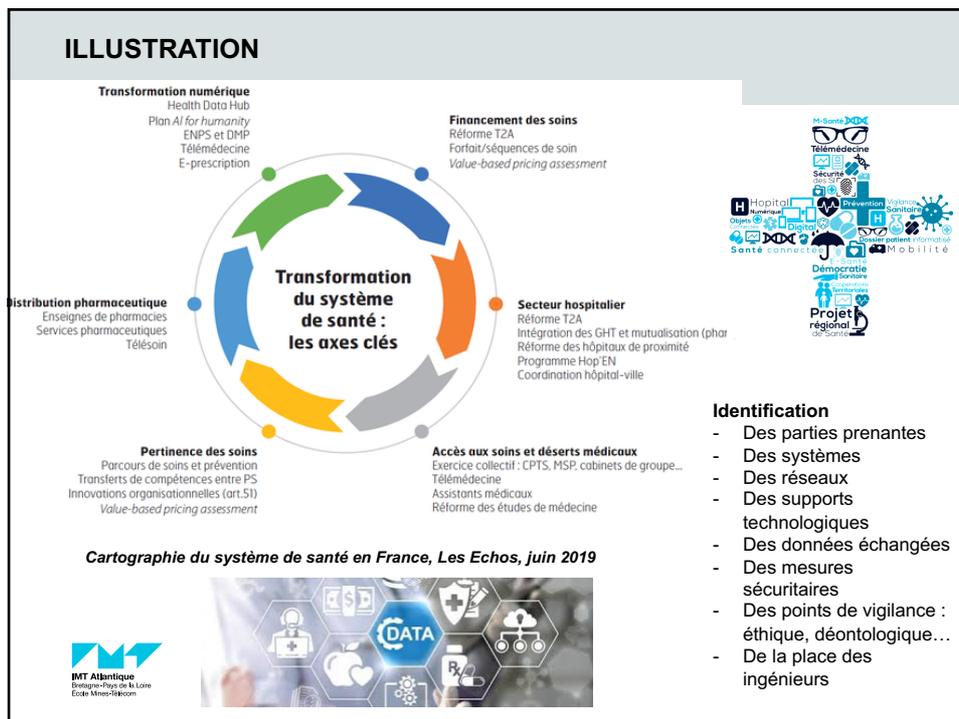
Management de la santé
 Ethique
 Direction des systèmes d'information à l'hôpital
 Droit de la santé
 Management et organisation
 Panorama des SI
 Sécurité
 Innovation en santé
 Ingénieur dans un SSR

Evaluation :

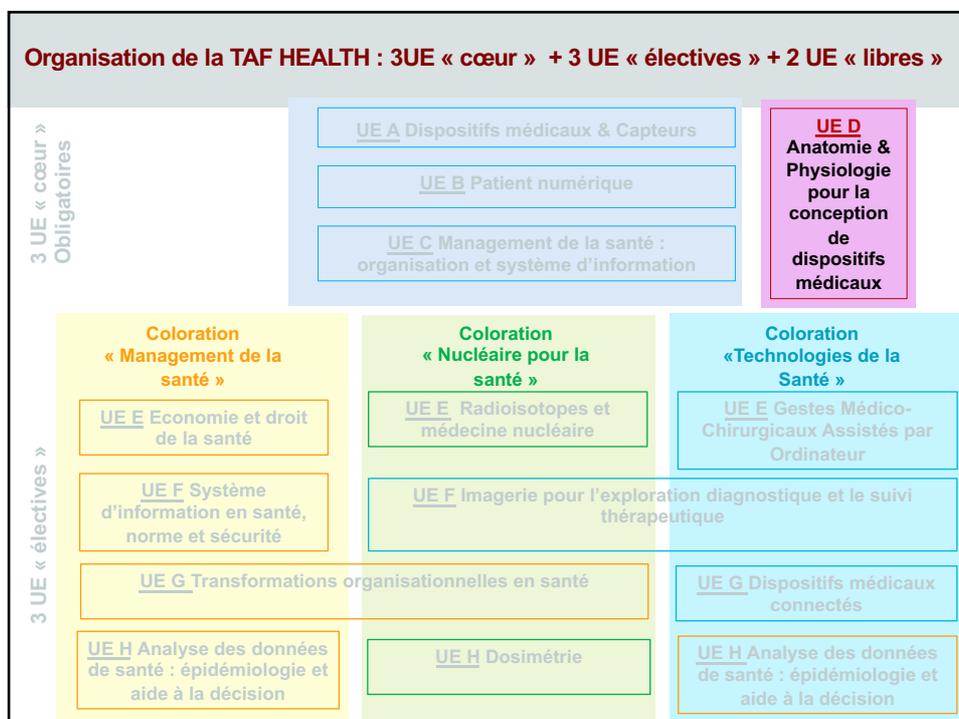
- Analyse d'un système de santé
- Prise de rôle : manager d'une structure de santé


 IMT Atlantique
 Bretagne-Pays de la Loire
 Ecole Mines-Télécom

14



15



16

UE D Anatomie & Physiologie pour la conception de dispositifs médicaux

Responsable : Chafiaa Hamitouche

La connaissance du corps humain pour la conception des dispositifs médicaux et capteurs pour la mesure de phénomènes physiologiques

- ▶ **Anatomie**
- ▶ **Physiologie**
- ▶ **Anatomo- Physiologie**
- ▶ **Biophysique**
- ▶ **Interactions ondes - tissu**

- ▶ Réflexion et vision « Système » sur le corps humain et les organes fonctionnels
- ▶ Travaux au laboratoire d'Anatomie UFR Médecine
- ▶ Travaux au laboratoire d'explorations fonctionnelles
 - Challenge « Physiologie » : 3 thématiques
 - Mesures biologiques, physiques, physio
 - ▶ Proposition d'amélioration

17

Organisation de la TAF HEALTH : 3UE « cœur » + 3 UE « électives » + 2 UE « libres »

3 UE « cœur » Obligatoires	<div style="border: 1px solid #0070c0; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">UE A Dispositifs médicaux & Capteurs</div> <div style="border: 1px solid #0070c0; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">UE B Patient numérique</div> <div style="border: 1px solid #0070c0; padding: 5px;">UE C Management de la santé : organisation et système d'information</div>	<div style="border: 1px solid #e91e63; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">UE D Anatomie & Physiologie pour la conception de dispositifs médicaux</div>	
3 UE « électives »	<div style="border: 1px solid #ffc107; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> Coloration « Management de la santé » UE E Economie et droit de la santé </div> <div style="border: 1px solid #ffc107; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">UE F Système d'information en santé, norme et sécurité</div> <div style="border: 1px solid #ffc107; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">UE G Transformations organisationnelles en santé</div> <div style="border: 1px solid #ffc107; padding: 5px;">UE H Analyse des données de santé : épidémiologie et aide à la décision</div>	<div style="border: 1px solid #76b82a; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> Coloration « Nucléaire pour la santé » UE E Radioisotopes et médecine nucléaire </div> <div style="border: 1px solid #76b82a; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">UE F Imagerie pour l'exploration diagnostique et le suivi thérapeutique</div> <div style="border: 1px solid #76b82a; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">UE H Dosimétrie</div>	<div style="border: 1px solid #00bcd4; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> Coloration « Technologies de la Santé » UE E Gestes Médico-Chirurgicaux Assistés par Ordinateur </div> <div style="border: 1px solid #00bcd4; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">UE G Dispositifs médicaux connectés</div> <div style="border: 1px solid #00bcd4; padding: 5px;">UE H Analyse des données de santé : épidémiologie et aide à la décision</div>

18

UE E : Economie Et Droit De La Santé

Responsables : Myriam Le Goff-Pronost, Annie Blandin

► Objectifs :

- Comprendre comment les produits de santé sont considérés d'un point de vue économique et juridique
- Aborder des thématiques spécifiques au secteur de la santé : financement, régulation, création de valeur, données, modèles économiques, remboursement, tiers-payant, secret médical, consentement...

► Mots clés :

Economie de la santé, droit de la santé, évaluation médico-économique, responsabilité, RGPD, déontologie

► Enseignants :

Myriam Le Goff-Pronost, Annie BLANDIN

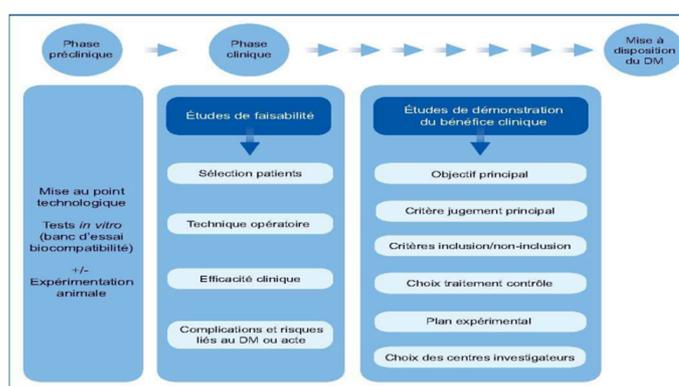
► Evaluation :

étude de cas

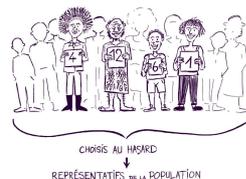


19

Illustration : Mise Sur Le Marché D'une Innovation

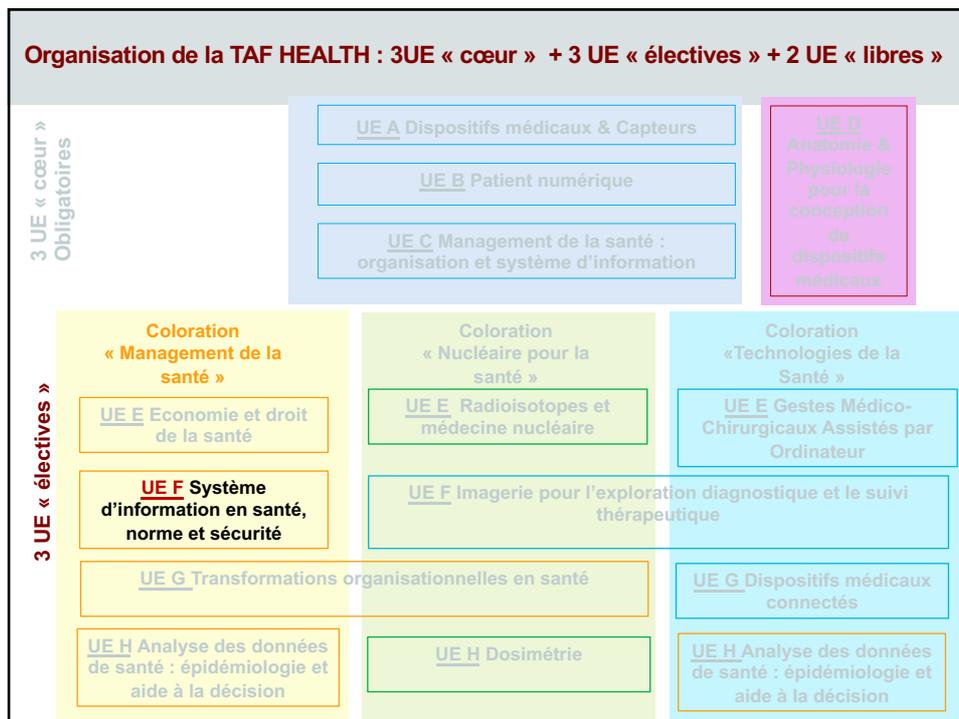


Haute Autorité de Santé



IMT Atlantique
Bretagne-Pays de la Loire
Cofe-Mines-Telecom

20



21

UEE F : Système d'information en santé, norme et sécurité
Responsable : John PUENTES

► **Objectif**

- Connaissances théoriques et pratiques des SI en médecine

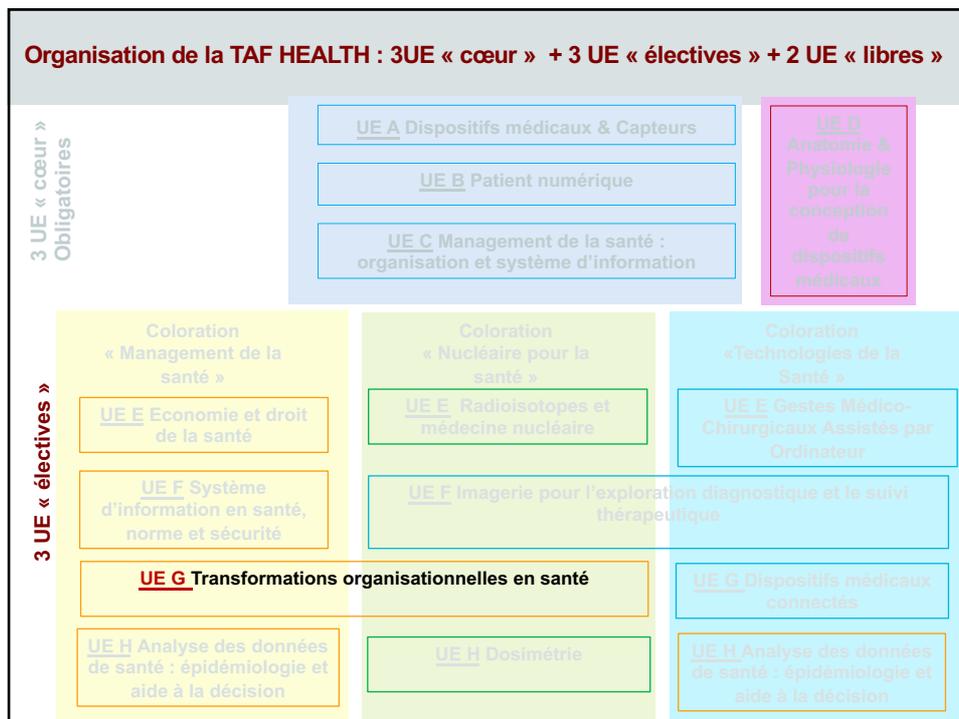
► **Contenu**

- Types de systèmes
- Analyse fonctionnelle
- Analyse de besoins
- Workflow médical
- Dossier patient
- Normes
- Architecture et urbanisme de systèmes
- Architecture d'entreprise dans le domaine de la santé
- Conception, développement, validation et présentation d'un prototype de dossier patient

Multiples systèmes d'information

IMT Atlantique
Bretagne-Pays de la Loire
Cofe-Mines-Telecom

22



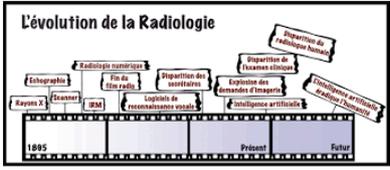
23

TRANSFORMATIONS ORGANISATIONNELLES EN SANTÉ

UEE G Site de Brest | Resp : B. Geffroy & G. Leuridan

- ▶ **Reformes contemporaines & Effets sur les organisations : Services – Hôpital – Territoires**
 - T2A et impacts sur le financement des hôpitaux
 - Coopération Ville-Hôpital
- ▶ **Transformations et technologies de santé**
 - IA et la radiologie
 - Site de prise de RDV médical
- ▶ **Transformations et secteur médico-social**
 - Innovations organisationnelles et numériques







Usage du numérique dans le médico-social : 4 bénéficiaires...

Personne accompagnée

Professionnel

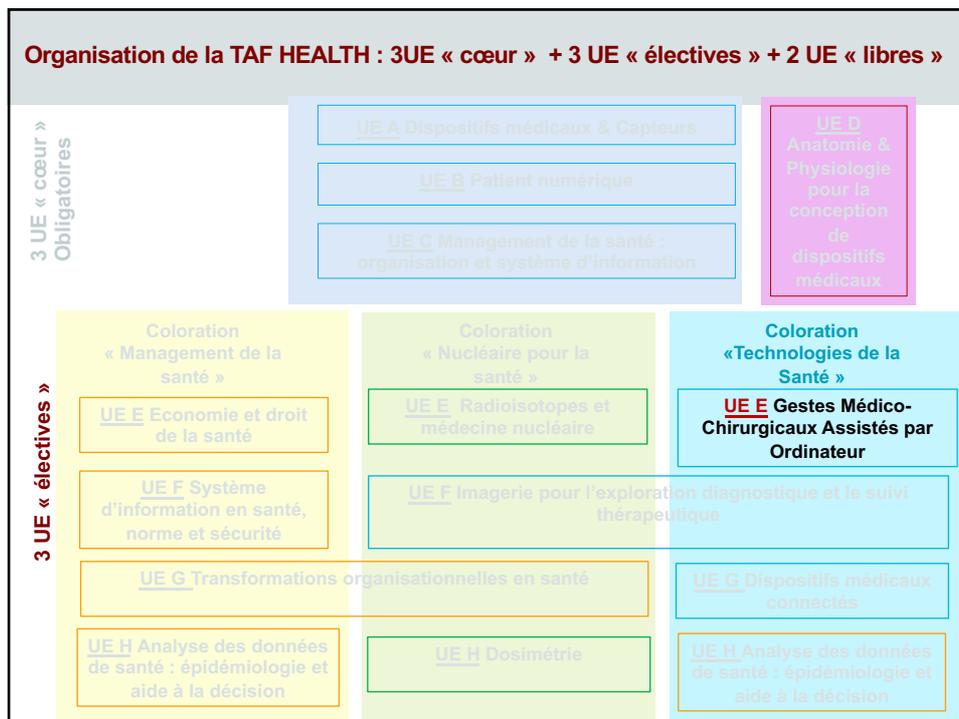
Institutions

Système de santé

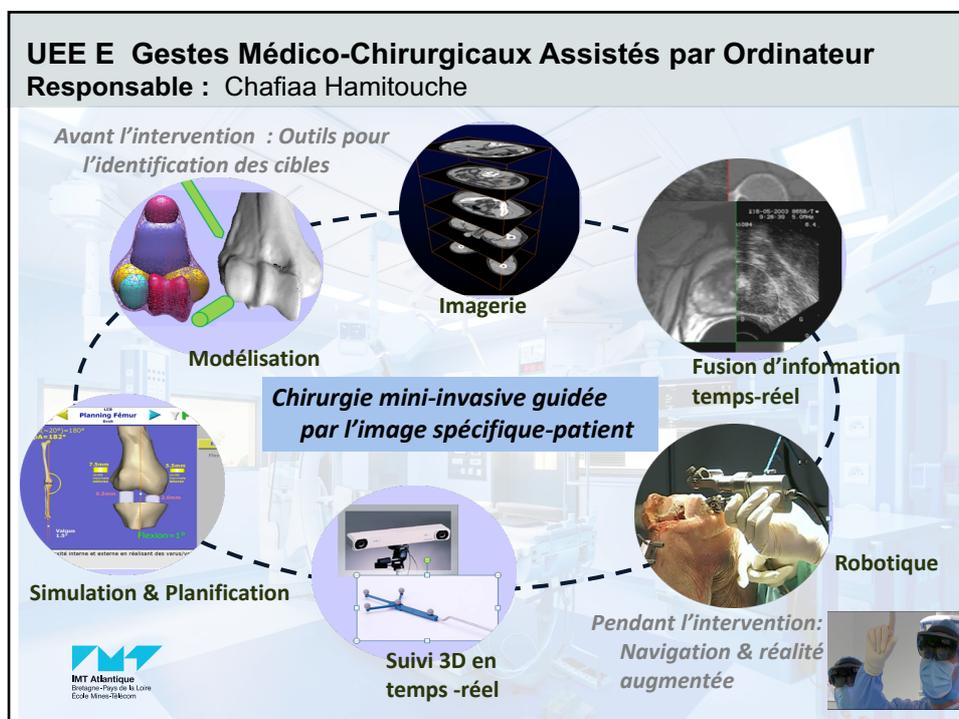


IMT Atlantique
Bretagne-Pays de la Loire
Côte-Meuse-Rhône

24



25



26

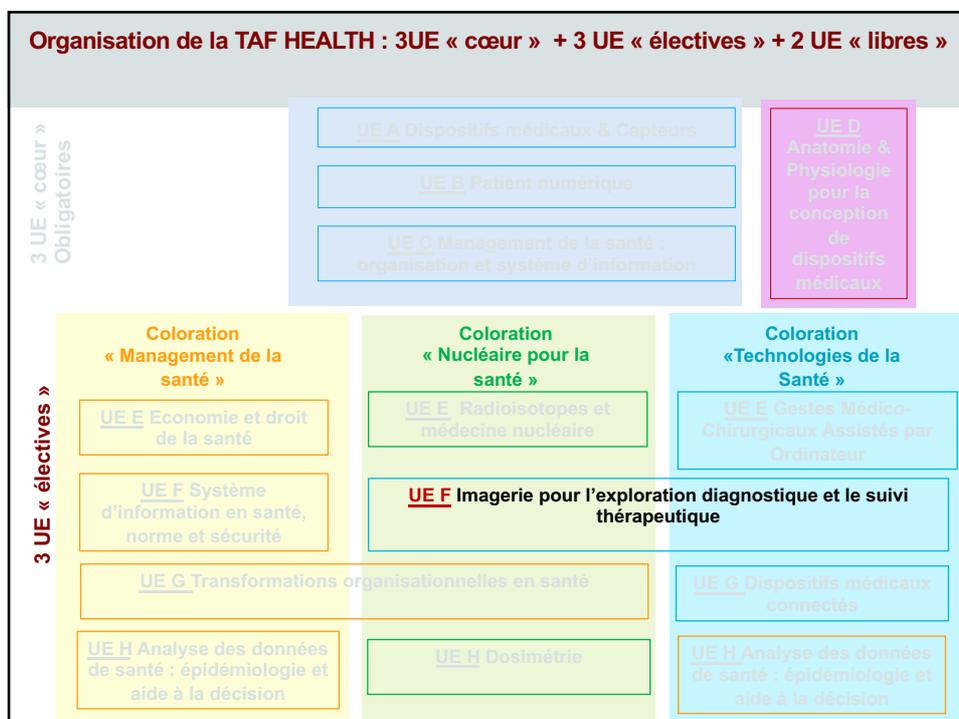
UE E Gestes Médico-Chirurgicaux Assistés par Ordinateur

Contenu

- Phase pré-opératoire**
 - Acquisition de données spécifiques patient
 - Planification du geste
 - Simulation numérique et Réalité virtuelle
 - Modélisation de procédure chirurgicale
- Phase per-opératoire**
 - Localisation 3D au bloc opératoire (loc. optiques, EM, ...)
 - Imagerie interventionnelle (Fluoroscopie, US, ...)
 - Fusion multi-modalité (pré- & per-op) et intervention mini-invasive
 - Réalité augmentée
- Robotique médicale**
 - Séjour à l'IRCAD / ICUBE TPStrasbourg
- Procédures chirurgicales innovantes mini-invasives**
 Cardio-vasculaire, Orthopédie, Oncologie, Neuro-chirurgie, Chirurgie endo., Chir. NOTES (Natural Orifice Transluminal Endoscopic Surgery)
- Projet**



27



28

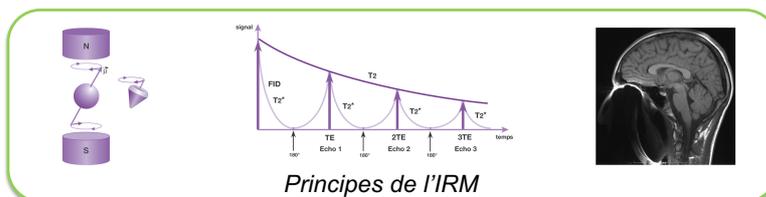
UEE F Imagerie pour l'exploration diagnostique et le suivi thérapeutique

Responsables : Valérie Burdin, Vincent Métivier

I - Les principes d'imagerie d'exploration diagnostique

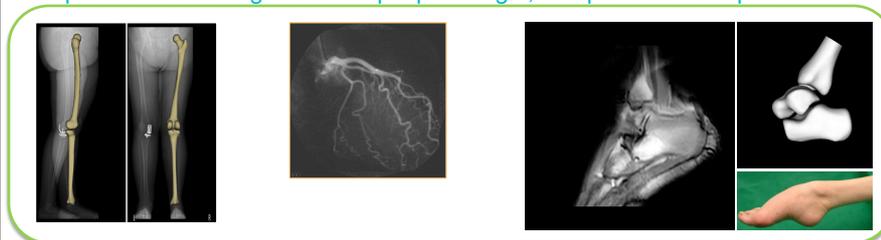
Expertise physique (CT, IRM, Echographie, RX)

Mise en œuvre et architecture des systèmes



II - Les critères diagnostics et protocoles cliniques

Expertise du radiologue : à chaque pathologie, son protocole d'exploration



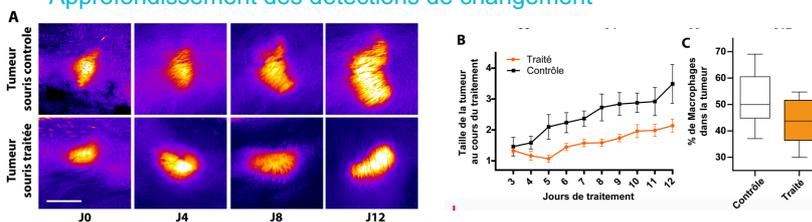
29

Imagerie pour l'exploration diagnostique et le suivi thérapeutique

III - Méthodes de suivi de l'évolution de la pathologie

Expertise modélisation, traitement image

- Caractéristiques basées forme, intensité
- Métriques et critères de comparaison
- Approfondissement des détections de changement

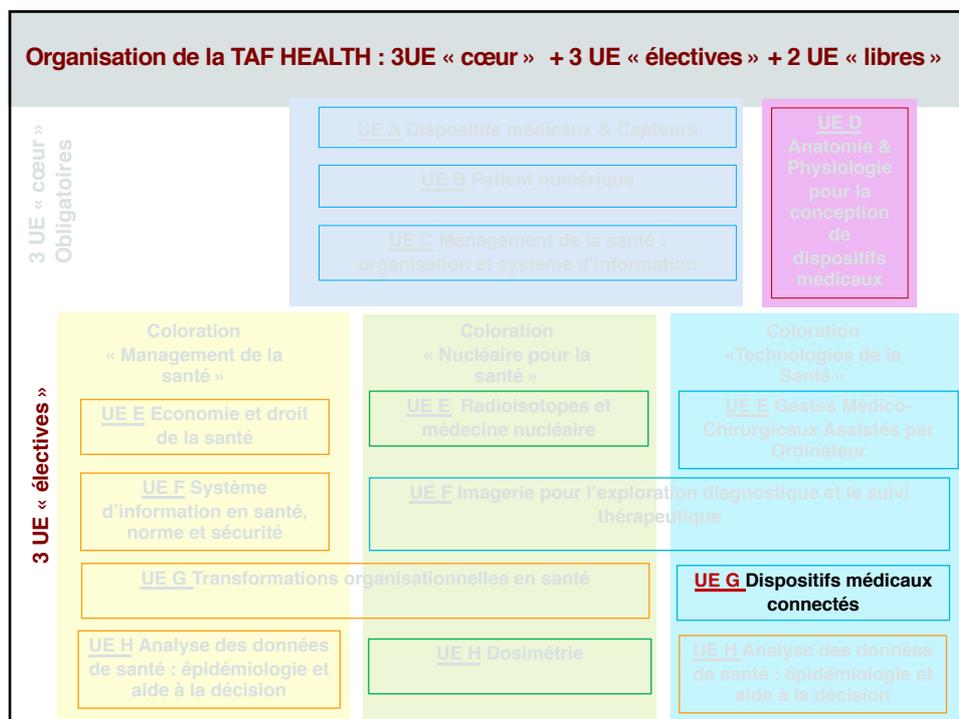


IV – Projet : détecter une pathologie et évaluer son évolution

Réinvestir les notions vues en UEs cœur et dans cette élective pour quantifier l'évolution d'une pathologie.

Compétences évaluées : analyser et modéliser un problème. Mettre en œuvre une solution et la justifier.

30



31

UEE G Dispositifs médicaux connectés

Responsable : François Gallée

Cette UE aborde les dispositifs médicaux implantables et les systèmes de monitoring embarqués communicants dans le domaine de la santé. Ces dispositifs biocompatibles sont soumis à de fortes contraintes relatives :

- ▶ **Intégration dans un milieu vivant : miniaturisation, impact du milieu sur la transmission**
- ▶ **Les standards de communication**
- ▶ **Systèmes autonomes et adaptatifs : intelligence embarquée pour de l'autorégulation de l'action**
- ▶ **Longue durée de vie (ultra-faible consommation, sources d'énergie)**
- ▶ **Cyber-sécurité des dispositifs médicaux connectés**



Monitoring à partir de capteurs externes



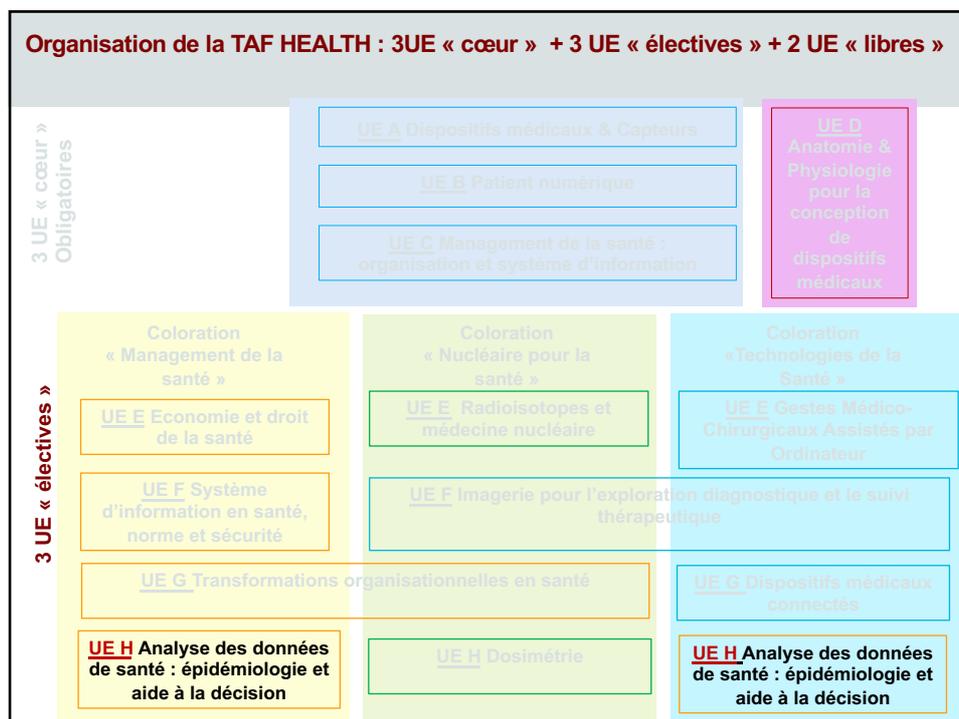
Pacemaker



Implant cochléaire

Capteurs/actionneurs implantés

32



33

UEE H Analyse des données de santé : épidémiologie et aide à la décision
Responsables : Romain Billot, John Puentes

► **Objectifs**

- **Formation pratique** à l'utilisation de la **méthode statistique** dans le domaine biomédical ainsi qu'aux méthodes de l'**épidémiologie** et de la recherche clinique.

► **Contenu**

- présente le mode de raisonnement statistique, et les principales méthodes d'estimation et de test. L'accent est mis sur l'interprétation concrète des résultats obtenus et sur les conclusions qui peuvent en être tirées en pratique.
- Statistiques en recherche clinique : lecture d'articles sur essais thérapeutiques comparatifs. Tirage au sort, plan expérimentaux, protocoles.
- Analyse des enquêtes épidémiologiques, et notamment les méthodes d'analyse multivariée.
- Analyse de données : méthodes utilisées dans la conception, la réalisation et l'évaluation des modèles prédictifs, notamment à l'aide d'approches d'apprentissage statistique

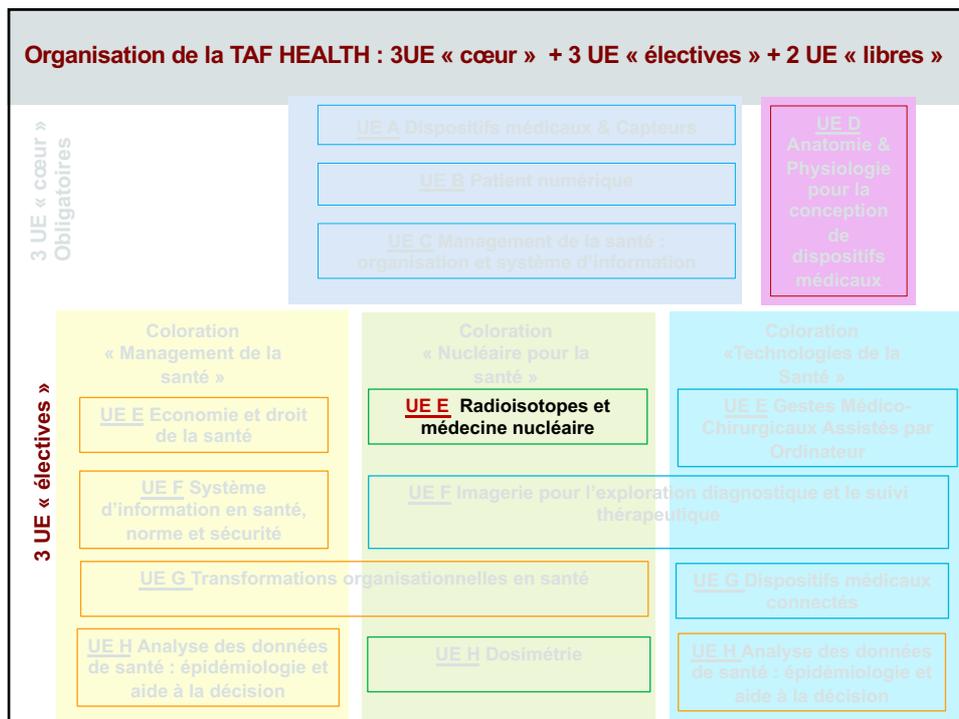
► **Mots clés :** Analyse de données, épidémiologie, analyse de survie, santé publique, données de santé, Système d'information hospitalier

Epidémiologie de l'allergie en France?
 Une hausse constante des personnes allergiques depuis 45 ans

1970 2-3% 2010 30% 2050 50%

IMT Atlantique
 Bretagne-Pays de la Loire
 Côte-Meuse-Normandie

34



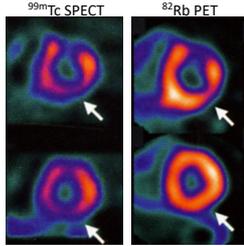
35

UE E Radioisotopes et Médecine nucléaire

Site de Nantes | Resp : V. Métivier

- ▶ **Radioisotopes et médecine nucléaire**
Introduction à la médecine nucléaire, radioisotopes pour le diagnostic et la thérapie
- ▶ **Production de radioisotopes**
Accélérateurs, réacteurs
- ▶ **Radiopharmaceutique**
Conception, production, normes, GMP





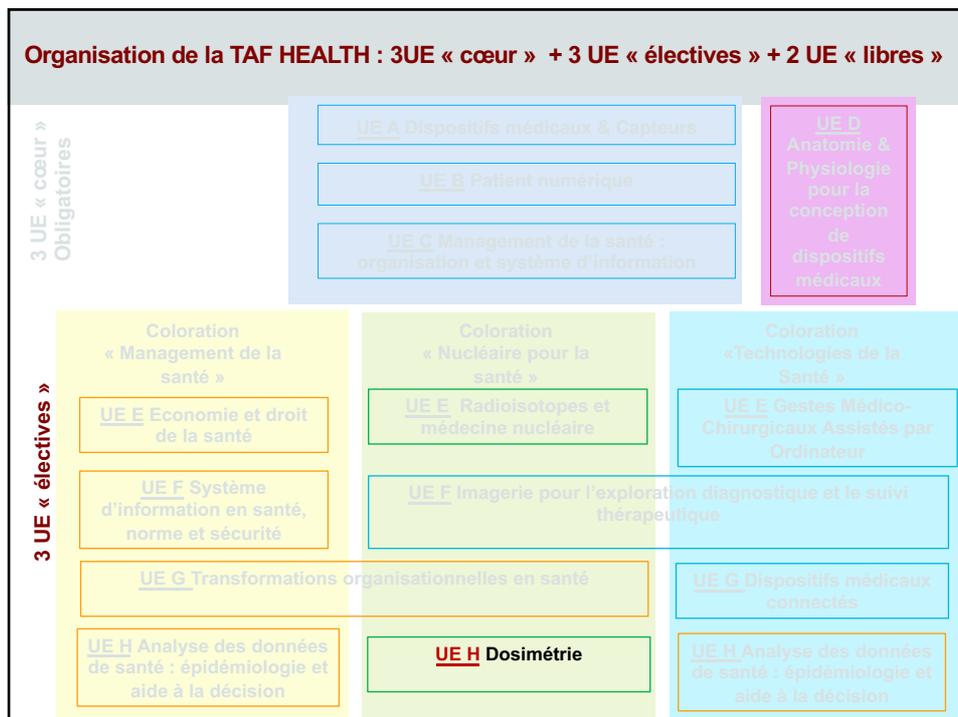
D. Le Galludec et al






IMT Atlantique
Bretagne-Pays de la Loire
Cote-Meuse-Sud-Ouest

36



37

DOSIMÉTRIE

UEE H Site de Nantes | Resp : V. Métivier

- ▶ **Grandeurs et unités fondamentales**
 - Grandeurs dosimétriques et radiométriques, dommages biologiques, radioprotection
- ▶ **Interaction des rayonnements dans les tissus**
 - Cas des électrons, particules lourdes chargées, photons et neutrons
- ▶ **Principe de la méthode Monte Carlo appliquée aux calculs de dosimétrie**
- ▶ **Dosimétrie et radiophysique médicale**

IMT Atlantique
Brest - Nantes - La Rochelle - Lorient - Rennes - Saint-Nazaire

38